

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-021722

(43)Date of publication of application : 21.01.2000

(51)Int.Cl.

H01L 21/027  
G03F 7/20  
G03F 7/22

(21)Application number : 10-184240

(71)Applicant : CANON INC

(22)Date of filing : 30.06.1998

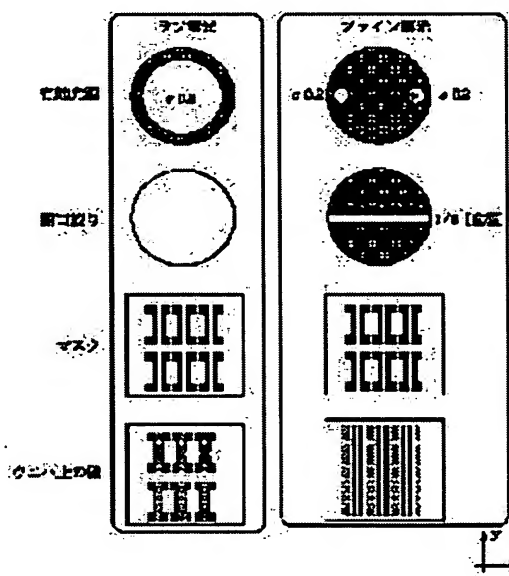
(72)Inventor : SUGITA MITSUO  
KAWASHIMA MIYOKO

## (54) EXPOSURE METHOD AND ALIGNER

### (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To shorten the time required for double exposure.

SOLUTION: Fine exposure by small  $\sigma$  oblique illumination and rough exposure by large  $\sigma$  vertical illumination are conducted on a wafer, without developing the wafer in the middle with the gate pattern of a mask set at a projection aligner, so that double exposure is attached. A diaphragm having a longitudinal opening is used as the opening diaphragm of the projection optical system at conducting fine exposure, and a diaphragm having a circular opening is used as the opening diaphragm of the projection optical system at operating rough exposure.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 12.12.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]	3647272
[Date of registration]	18.02.2005
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]	
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]	
[Date of extinction of right]	

\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] It is the exposure approach characterized by for exposure wavelength changing lighting conditions and illuminating the same mask pattern while it has been fixed, and projecting it on a common exposed field.

[Claim 2] The exposure approach characterized by illuminating the same mask pattern by small mho (sigma) and large mho, and projecting on a common exposed field.

[Claim 3] The exposure approach characterized by illuminating the same mask pattern by small NA (numerical aperture) and large NA, and projecting on a common exposed field.

[Claim 4] The exposure approach characterized by performing slanting lighting and a vertical illuminator to the same mask pattern, and projecting on a common exposed field.

[Claim 5] Said mask pattern is the exposure approach of any one publication of claim 1 characterized by having an opening pattern with the line breadth below the resolution limit of the aligner to be used thru/or claim 4.

[Claim 6] Said opening pattern is the exposure approach according to claim 5 characterized by having located more than one in a line.

[Claim 7] A mask pattern is the exposure approach according to claim 5 characterized by having a phase shift pattern.

[Claim 8] The exposure approach according to claim 5 characterized by approaching said opening pattern and arranging the auxiliary pattern.

[Claim 9] The exposure approach given in either of claims 1-8 characterized by illuminating said mask pattern with light from a KrF excimer laser, an ArF excimer laser, or F2 excimer laser.

[Claim 10] The exposure approach given in either of claims 1-8 characterized by projecting said mask pattern according to the projection optical system which consists of either refractive media, reflective-refractive media or a reflective system.

[Claim 11] The exposure approach given in claim 1-10 characterized by carrying out sequential exposure on each lighting conditions, without developing said exposed field on the way.

[Claim 12] The exposure approach given in claim 1-10 characterized by exposing said exposed field simultaneously in the condition that the light in each lighting conditions does not interfere mutually, by said each lighting conditions.

[Claim 13] It is the aligner characterized by having the exposure mode which changes lighting conditions, illuminates the same mask pattern while exposure wavelength has been fixed, and projects it on a common exposed field.

[Claim 14] The aligner characterized by having the exposure mode which illuminates the same mask pattern by small mho (sigma) and large mho, and is projected on a common exposed field.

[Claim 15] The aligner characterized by having the exposure mode which illuminates the same mask pattern by small NA (numerical aperture) and large NA, and is projected on a common exposed field.

[Claim 16] The aligner characterized by having the exposure mode which performs slanting lighting and a vertical illuminator to the same mask pattern, and is projected on a common exposed field.

[Claim 17] Said mask pattern is the aligner of any one publication of claim 14 characterized by having an opening pattern with the line breadth below the resolution limit of the aligner to be used thru/or claim 16.

[Claim 18] Said opening pattern is the exposure approach according to claim 17 characterized by having located more than one in a line.

[Claim 19] A mask pattern is having a phase shift pattern. The aligner according to claim 17 by which it is characterized.

[Claim 20] The aligner according to claim 17 characterized by approaching said opening pattern and arranging the auxiliary pattern.

[Claim 21] An aligner given in either of claims 13-20 characterized by illuminating said mask pattern with light from a KrF excimer laser, an ArF excimer laser, or F2 excimer laser.

[Claim 22] claim 13-20 characterized by projecting said mask pattern according to the projection optical system which consists of either refractive media, reflective-refractive media or a reflective system -- an aligner given in either.

[Claim 23] An aligner given in claim 12-22 characterized by carrying out sequential exposure on each lighting conditions, without developing said exposed field on the way.

[Claim 24] An aligner given in claim 13-22 characterized by exposing said exposed field simultaneously in the condition that the light in each lighting conditions does not interfere mutually, by said each lighting conditions.

[Claim 25] The device manufacture approach characterized by having the phase which exposes a wafer by the device pattern using the aligner of a publication to any of claim 13-24, and the phase of developing the exposed wafer.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] The exposure approach of this invention and an aligner are used for manufacture of various devices called image sensors, such as sensing elements, such as display devices, such as semiconductor chips, such as IC and LSI, and a liquid crystal panel, and the magnetic head, and CCD, about the exposure approach and aligner with which this invention exposes a detailed circuit pattern on a sensitization substrate especially about the exposure approach and an aligner.

[0002]

[Description of the Prior Art] Conventionally, when manufacturing devices, such as IC, LSI, and a liquid crystal panel, using a photolithography technique, the projection (it exposes) exposure approach and projection aligner which project circuit (it is hereafter described as "mask".) patterns, such as a photo mask or reticle, on sensitization (it is hereafter described as "wafer".) substrates, such as a silicon wafer with which it was applied to the photoresist etc. by the projection optical system, or a glass plate, and imprint them there are used.

[0003] Also in the above-mentioned projection exposure approach and projection aligner which detailed-ization of the pattern imprinted to a wafer, i.e., high-resolution-izing and large-area-izing of one chip in a wafer, is demanded corresponding to high integration of the above-mentioned device, therefore constitute the core of ultra-fine processing technology over a wafer, improvement in resolution and exposure area is measured in order to form broadly an image with a current and a dimension (line breadth) of 0.5 micrometers or less.

[0004] The \*\* type Fig. of the conventional projection aligner is shown in drawing 15 . The body side exposure light which the excimer laser whose 191 are the light source for far-ultraviolet-rays exposure, and 192 come out of an illumination-light study system and 193 among drawing 15 , and the illumination light and 194 come out of a mask and 195 from a mask 1944, and carries out incidence to optical system 196, the image side exposure light which 196 comes out of a cutback projection optical system and 197 from optical system 196, and carries out incidence to a substrate 198, the wafer whose 198 is a sensitization substrate, and 199 show the substrate stage holding a sensitization substrate.

[0005] The light guide of the laser beam which carried out outgoing radiation from excimer laser 191 is carried out to the illumination-light study system 192 by leading-about optical system, it is adjusted so that it may become the illumination light 193 which has optical predetermined intensity distribution, luminous-intensity-distribution distribution, an aperture angle (numerical aperture NA), etc. according to a projection optical system 192, and it illuminates a mask 194.

[0006] the detailed pattern formed on a wafer 198 at a mask 194 -- the inverse number twice (for example, twice, 4 times, and 5 times) of the projection scale factor of a projection optical system 192 -- the pattern of the dimension carried out is formed on the quartz substrate with chromium etc., with the detailed pattern of a mask 194, transmission diffraction of the illumination light 193 is carried out, and it turns into the body side exposure light 195.

[0007] A projection optical system 196 changes the body side exposure light 195 into the image side exposure light 197 which is the above-mentioned projection scale factor, and carries out image formation of the detailed pattern of a mask 194 on a wafer 198 by sufficiently small aberration. It

converges on a wafer 198 with the predetermined numerical aperture NA ( $=\sin\theta$ ), and the image side exposure light 197 ties the image of a detailed pattern on a wafer 198, as shown in the enlarged drawing of the lower part of drawing 19.

[0008] The substrate stage 199 changes the location to the projection optical system 196 of a wafer 198 by carrying out step migration along the image plane of a projection optical system, when forming a detailed pattern in two or more fields (shot field: field used as one piece or two or more chips) to which wafers 198 differ mutually one by one.

[0009] However, the projection aligner which makes the light source the above-mentioned excimer laser of the current mainstream is difficult to form a pattern 0.15 micrometers or less.

[0010] A projection optical system 196 has the limitation of the resolution by the trade-off between optical resolution and depth of focuses resulting from exposure (it uses) wavelength. The resolution R and the depth of focus DOF of a resolving pattern by the projection aligner are expressed by the following (1) type and the formula of Rayleigh like (2) types.

[0011]

$$R=k_1(\lambda/NA) \dots (1)$$

$$DOF=k_2(\lambda/NA^2) \dots (2)$$

Here, the numerical aperture by the side of the image with which  $\lambda$  expresses exposure wavelength and NA expresses the brightness of a projection optical system 196, and  $k_1$  and  $k_2$  are constants decided by the development process property of a wafer 198 etc., and it is usually about 0.5 to 0.7 value.

[0012] Although there is "high NA-ization" which enlarges numerical aperture NA among the high resolution-ization which makes resolution R a small value from this (1) type and (2) types, since it is necessary to make the depth of focus DOF of a projection optical system 196 into the above value to some extent, by actual exposure, it turns out that it becomes impossible [ advancing high NA-ization above to some extent ] and that "short-wavelength-ization" which makes exposure wavelength  $\lambda$  small is needed for high resolution-ization after all.

[0013] However, if short wavelength-ization is advanced, a serious problem will occur. This problem is that the \*\* material of the lens of a projection optical system 196 is lost. Although a fused quartz is existing in an far-ultraviolet-rays field as \*\* material which used near and the special manufacture approach for 0, and was manufactured for aligners (exposure wavelength of about 248nm), the permeability of almost all \*\* material The permeability of this fused quartz also falls rapidly to exposure wavelength with a wavelength of 193nm or less, and development of practical \*\* material is dramatically difficult in a field with an exposure wavelength [ corresponding to a detailed pattern 0.15 micrometers or less ] of 150nm or less. Moreover, the \*\* material used in an far-ultraviolet-rays field needs to fulfill two or more article affairs, such as endurance, refractive-index homogeneity, optical distortion, and workability, besides permeability, and it is doubtful of existence of practical \*\* material from this thing.

[0014] Thus, in the conventional projection exposure approach and a conventional projection aligner, since \*\* material practical in this wavelength field did not exist to exposure wavelength needing to be short-wavelength-ized to about 150nm or less in order to form a pattern 0.15 micrometers or less in a wafer 198, a pattern 0.15 micrometers or less was not able to be formed in the wafer 198.

[0015] The U.S. Pat. No. 5,415,835 official report is indicating the technique which forms a detailed pattern by 2 flux-of-light interference exposure, and according to 2 flux-of-light interference exposure, it can form a pattern 0.15 micrometers or less in a wafer.

[0016] 2 flux-of-light interference exposure has a coherency from laser, and divides into the 2 flux of lights the laser beam which is a parallel pencil of rays with a half mirror. An interference fringe is formed in a part for an intersection by accomplishing a certain include angle of less than 90 degrees, and making two laser beams (coherent parallel pencil of rays) cross more greatly than 0 by reflecting the 2 flux of lights by the flat-surface mirror, respectively. The detailed periodic pattern (light exposure distribution) according to the optical intensity distribution of an interference fringe is formed in a wafer (resist) by exposing and exposing the resist of a wafer by this interference fringe (optical intensity distribution).

[0017] After only the same include angle as hard flow has inclined mutually to the perpendicular which the wafer side stood, when the 2 flux of lights cross in respect of a wafer, the resolution R in

this 2 flux-of-light interference exposure is expressed with the following (3) types.

[0018]

$$R = \lambda / (4 \sin \theta)$$

$$= \lambda / 4NA = 0.25 (\lambda / NA) \dots (3)$$

Here,  $\theta$  expresses whenever [ incident angle / as opposed to each image surface of the 2 flux of lights in each width of face, i.e. each width of face of the bright section of an interference fringe, and dark space, of L&S (line - and - tooth space) ] (absolute value), and  $R$  is  $NA = \sin \theta$ .

[0019] When (1) type which is a formula of the resolution in the usual projection exposure is compared with (3) types which are a formula of the resolution in 2 flux-of-light interference exposure, since it corresponds when referred to as  $k_1 = 0.25$  in (1) type, the resolution  $R$  of 2 flux-of-light interference exposure is by 2 flux-of-light interference exposure. It is more possible than the resolution of the usual projection exposure which is  $k_1 = 0.5-0.7$  to obtain twice [ more than ] as many resolution as this. Although not indicated by the above-mentioned U.S. Pat. No. 5,415,835 official report,  $R = 0.10$  micrometers is obtained by  $\lambda = 0.248$  nm (KrF excimer), for example at the time of  $NA = 0.6$ .

[0020]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, since only the simple striped pattern which is fundamentally equivalent to the optical intensity distribution (light exposure distribution) of an interference fringe is obtained, 2 flux-of-light interference exposure cannot form the circuit pattern of a desired configuration in a wafer.

[0021] Then, the above-mentioned U.S. Pat. No. 5,415,835 official report has proposed "multiplex exposure" which obtains the line (pattern) of isolation by usually performing lithography (exposure) using the mask with which a certain opening was formed, and giving still more nearly another binary light exposure distribution to a wafer, after giving a simple striped pattern, i.e., binary light exposure distribution, to a wafer (resist) by 2 flux-of-light interference exposure.

[0022] However, since the approach of multiplex exposure of the above-mentioned U.S. Pat. No. 5,415,835 official report was exposed by reinstalling a wafer in another aligner for usual exposure after it installed and exposed the wafer to the aligner for 2 flux-of-light interference exposure, it had the problem of taking time amount.

[0023] The object of this invention is to offer the exposure approach and aligner which can perform multiplex exposure by comparatively short time amount.

[0024]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned object, the 1st exposure approach of this invention is characterized by changing lighting conditions, illuminating the same mask pattern, while exposure wavelength has been fixed, and projecting on a common exposed field.

[0025] The 2nd exposure approach of this invention is characterized by illuminating the same mask pattern by small  $mho$  ( $\sigma$ ) and large  $mho$ , and projecting on a common exposed field. Here,  $\sigma$  is the value which divided the numerical aperture by the side of the mask of an illumination-light study system by numerical aperture by the side of the mask of a projection optical system.

[0026] The 3rd exposure approach of this invention is characterized by illuminating the same mask pattern by small  $NA$  (numerical aperture) and large  $NA$ , and projecting on a common exposed field. Here,  $NA$  is the numerical aperture by the side of the mask of an illumination-light study system.

[0027] The 4th exposure approach of this invention is characterized by performing slanting lighting and a vertical illuminator to the same mask pattern, and projecting on a common exposed field. Here, slanting lighting is a gestalt illuminated from the direction to which it inclined to the optical axis of a projection optical system, and is a gestalt illuminated from the direction where a vertical illuminator is parallel to the optical axis of a projection optical system.

[0028] The 1st aligner of this invention is characterized by having the exposure mode which changes lighting conditions, illuminates the same mask pattern while exposure wavelength has been fixed, and is projected on a common exposed field.

[0029] The 2nd aligner of this invention is characterized by having the exposure mode which illuminates the same mask pattern by small  $mho$  ( $\sigma$ ) and large  $mho$ , and is projected on a common exposed field. Here,  $\sigma$  is the value which divided the numerical aperture by the side of

the mask of an illumination-light study system by numerical aperture by the side of the mask of a projection optical system.

[0030] The 3rd aligner of this invention is characterized by having the exposure mode which illuminates the same mask pattern by small NA (numerical aperture) and large NA, and is projected on a common exposed field. Here, NA is the numerical aperture by the side of the mask of an illumination-light study system.

[0031] The 4th aligner of this invention is characterized by having the exposure mode which performs slanting lighting and a vertical illuminator to the same mask pattern, and is projected on a common exposed field.

[0032] since multiplex exposure can perform by setting up lighting conditions which arrange the mask in a certain aligner (for example, cutback projection aligner of a step-and-repeat method, or a step and a scanning method), and are different in this aligner to the pattern (the same mask pattern) of this mask according to the exposure approach of above-mentioned this invention, and the aligner, the time amount which can use two sets of conventional different aligners, and multiplex exposure takes compared with a case becomes short.

[0033] In addition, the semantics of the above-mentioned small mho and large mho only means the relative relation of the magnitude of each sigma, and means "larger (or small) sigma than certain sigma and this certain sigma." the same -- the semantics of above small NA and large NA -- every -- the relative relation of the magnitude of NA is only meant and "a certain NA and larger (or small) NA than this sigma" are meant.

[0034] This invention includes the gestalt which illuminates said mask pattern with light from a KrF excimer laser (wavelength of about 248nm), an ArF excimer laser (wavelength of about 193nm), or F2 excimer laser (wavelength of about 157nm).

[0035] This invention includes the gestalt which projects said mask pattern according to the projection optical system which consists of either refractive media, reflective-refractive media or a reflective system.

[0036] This invention includes the gestalt which carries out sequential exposure on each lighting conditions, without developing said exposed field on the way.

[0037] This invention includes the gestalt in which the light in each lighting conditions exposes said exposed field in the condition of not interfering mutually, by said each lighting conditions simultaneously (for example, condition carried out [ make / the polarization direction / intersect perpendicularly mutually as a linearly polarized light light, respectively etc. ]).

[0038] This invention includes the gestalt which has the opening pattern in which said mask pattern has the line breadth below the resolution limit of the aligner to be used (for example, near 0.1 micrometer).

[0039] This invention includes the gestalt with which two or more said opening patterns are located in a line (it is the so-called repeat pattern).

[0040] This invention includes the gestalt in which said mask pattern has the phase shift pattern of for example, the Levenson mold, and the phase shift pattern of a rim mold.

[0041] This invention includes the gestalt which approaches said opening pattern and arranges the auxiliary pattern.

[0042] This invention can offer the device manufacture approach characterized by having the phase which exposes a wafer by the device pattern using the exposure approach, an above-mentioned aligner, and each above-mentioned gestalt, and the phase of developing the exposed wafer.

[0043]

[Embodiment of the Invention] The 1st operation gestalt of this invention is explained.

[0044] The improving point over the conventional technique of the 1st operation gestalt is to change the lighting conditions of an illumination-light study system, and the aperture diaphragm of a projection optical system in a projection aligner.

[0045] Amelioration of equipment for this operation gestalt to carry out this operation gestalt, since the projection aligner has the lighting condition change device and the aperture-diaphragm change device from the former has the advantage of it being small-scale and ending. Moreover, or the mask used for multiplex exposure performed the same pattern NINGU as usual, since [ which performed some amelioration ] it is one mask fundamentally, creation cost does not cut it in the remainder.

[0046] with this operation gestalt, not use 2 flux of light interferometer of dedication attain "2 flux of light interference (formation of a detailed interference fringe)" in false by set up suitably the gestalt of the aperture diaphragm of the lighting conditions and projection optical system of an illumination light study system to the usual mask with which the circuit pattern which should be imprint to a wafer be formed, without, of course install a special mask in a projection aligner like the Levenson mold phase shift mask only for 2 flux of light interference.

[0047] The principle of multiplex exposure of this operation gestalt by combining control of the spatial frequency spectrum of the mask pattern by lighting conditions, and control of the spatial frequency spectrum of the mask pattern by the aperture diaphragm of a projection optical system A very detailed line pattern (repeat pattern) unresolvable in the usual exposure which extracts a spatial-frequency component which 2 flux-of-light interference produces from a mask substantially, and is included in a mask by the optimal 2 flux-of-light interference concerned for the pattern concerned While exposing the resist of a wafer independently and forming a periodic latent image there the latent image of the result of having performed the usual exposure is formed in the resist of a wafer in piles with the same mask pattern (the sequence of latent-image formation -- reverse -- even when -- good), negatives are developed based on the integrated latent image (integrated light exposure distribution), and a desired circuit pattern is obtained

[0048] According to this multiplex exposing method, exposure becomes possible using the critical capacity of a projection aligner, respectively about the various detailed patterns contained in 1 mask, and the maximum drawer \*\*\*\*\* can do capacity of the projection aligner restricted by the simple shot.

[0049] For example, with the projection aligner using KrF excimer laser (wavelength of about 248nm), and the projection lens system of the numerical aperture 0.6 by the side of an image (NA), it will also be possible to expose a pattern (image) with a line breadth of 0.1 micrometers on the resist of a silicon wafer (latent-image formation), this line breadth will be the line breadth with a minimum printing line breadth of 0.2 micrometers made into the limitation of this kind of equipment now of 1/2, and twice [ about ] as many resolution as this will be obtained.

[0050] The fundamental flow chart of this multiplex exposing method is shown in drawing 2 .

[0051] This multiplex exposing method contains a rough (\*\*) exposure step and a fine (detailed) exposure step as shown in drawing 2 . A rough exposure step and a fine exposure step also have a method of performing a rough exposure step and a fine exposure step by turns, when you may carry out in order of the reverse of drawing 2 and the exposure step of multiple times is in one [ at least ] step. Development is not performed between rough exposure and fine exposure.

[0052] Moreover, there is the approach of inserting a well-known wafer alignment step etc. suitably between each exposure step, and raising image formation precision. Thus, as for this invention, the procedure or configuration are not limited to the thing of drawing 2 .

[0053] When performing multiplex exposure according to the procedure which drawing 2 shows, rough exposure is first performed using the pattern (mask pattern) and projection aligner of a certain mask, and sensitization substrates, such as a wafer, are exposed by the image of a mask pattern (a latent image is formed in a resist). Since this operation gestalt is what exposes the image of the very detailed line breadth below minimum line width resolvable by the projection optical system to a sensitization substrate, the mask pattern contains the pattern corresponding to the line breadth below minimum line width. An example of such a mask pattern is shown in drawing 3 .

[0054] The pattern of drawing 3 is the so-called gate pattern used for ASIC of a semiconductor device. It is a part for the body which the inside of drawing 3 and 31 are gate lines, and manages switching, and microscopic \*\*-ization is \*\*\*\*\* to the line breadth of this gate line. On the other hand, 32 is the wiring contact section, and since a certain amount of area is required for this part 32, it is a pattern with a big dimension compared with the gate line 31. Therefore, the detailed line pattern corresponding to the image below the minimum line width which can resolve this gate pattern by the projection optical system, and the larger pattern compared with it are intermingled. therefore -- a rough exposure (projection exposure) step -- \*\*\*\* -- although the pattern of texture is resolved, a detailed line pattern is not resolved. Moreover, the depth of focus in that case is shallow.

[0055] next, \*\*\*\*\* which performs fine exposure to the same field (common area) of the sensitization substrate which performed rough exposure, without developing negatives, and exposes

the resist of the same field by the image of a detailed line pattern, although multiplex exposure is completed. The place performed after changing the gestalt of the aperture diaphragm of the projection optical system which projects the lighting conditions and mask pattern of the illumination-light study system which fine exposure of this operation gestalt leaves a mask as it is, and illuminates a mask for the same mask pattern (as opposed to the case of rough exposure) is the description.

[0056] the opening configuration of the aperture diaphragm of the configuration (configuration of a projecting-on opening of aperture diaphragm of projection optical system-aperture diaphragm of illumination-light study system image) of the effective light source which comes out, respectively and is set up and projection optical system of the rough exposure of this operation gestalt and fine exposure to drawing 4, a mask, and the image on a wafer are shown.

[0057] With this operation gestalt, the same mask pattern is received as shown in drawing 4.

Drawing equipped with the usual circular opening as an aperture diaphragm of a projection optical system while being using the vertical-illuminator method (the usual illumination) which forms the about [  $\sigma=0.8$  ] effective light source in the case of rough exposure is used. It is a double pole (the about [  $\sigma=0.2$  ] circular light source is related with a couple optical axis) in the case of fine exposure. While using slanting illumination which forms the effective light source located in a line with the symmetry in the x directions which are the directions of a repeat of the detailed line pattern of the gate pattern array which is a mask pattern. Multiplex exposure of a rough and FAIN is performed using drawing equipped with opening of a long rectangle in the x directions which are the directions of a repeat of the detailed line pattern of the gate pattern array which is a mask pattern as an aperture diaphragm of a projection optical system. In addition, each direction of the x axis in drawing 4 and the y-axis is arranged with each direction of a x axis and the y-axis shown in the gate pattern of drawing 3.

[0058] An example of optical intensity-distribution (cross section) drawing of each pattern image when performing such multiplex exposure is shown in drawing 5. Drawing 5 specifically shows the optical intensity distribution of the A-A' cross section of the center section of the gate line of the gate pattern shown in drawing 3. In drawing 5, an upper case shows the result of exposure of as opposed to POJIREJISUTO in the exposure and the lower berth to NEGAREJISUTO, and the result of fine exposure and the addition result of 2 exposure of a rough and FAIN are shown sequentially from each \*\*\*\* as a result of rough exposure.

[0059] From drawing 5, when the optical intensity distribution of the large gate line pattern of contrast are integrated by fine exposure shows that the width of face of allowance light exposure is expanded by about 3 times by the exposure to twice [ about ] and POJIREJISUTO by exposure to NEGAREJISUTO by 2 exposure (multiplex exposure) to a thing with the narrow width of face (exposure tolerance) of the allowance light exposure which can form a gate line only by rough exposure.

[0060] That is, what the resist of an exposed substrate is stabilized by multiplex exposure of this operation gestalt by the image of a pattern with resolution higher (line breadth is narrow) than the usual resolution limit of an aligner, and is made to expose and expose (a latent image is made to form) becomes possible.

[0061] The effectiveness of the image formation based on the slanting illumination used by fine exposure of this operation gestalt by drawing 14 is explained.

[0062] It is the \*\* type Fig. showing signs that (A) exposes the pattern of minimum line width in the state of the anticipated use of the usual aligner, signs that (B) exposes a pattern twice the frequency of marginal resolving in the state of anticipated use, and signs that (C) exposes the pattern of a twice as many frequency as this by the slanting illumination of this operation gestalt among drawing 14.

[0063] In drawing 14 (A), the light which passes, i.e., a projection optical system, which is in the condition that the primary diffracted light corresponding to the pitch P1 of the repeat pattern 143 of the line on a mask 141 enters only in an opening grip of the aperture diaphragm of a projection optical system, and is contributed to image formation is the 3 flux of lights of the zero-order light and the primary diffracted light of positive/negative which bypass a mask. In addition, 142 are a glass substrate among drawing 14.

[0064] Drawing 14 (B) is what set the pitch P2 of the repeat pattern 143 of the line on a mask 141 to one half of the pitches P1 of drawing 14 (A), and the outgoing radiation angle  $\theta_2$  of the primary

diffracted light diffracted with the mask in this case becomes twice compared with the outgoing radiation angle  $\theta_1$  in 14 (A). Therefore, the light which it becomes only zero-order light going into opening of the aperture diaphragm of a projection optical system, namely, passes a projection optical system, and contributes to image formation is only a zero-order light which bypasses a mask, and the image of a line is not resolved.

[0065] Although one half of the patterns 143 of a pitch of the pitch P1 of drawing 14 (A) are used for drawing 14 (C) as well as drawing 14 (B), it is the case where leaned incident light to the optical axis of a projection optical system, and it considers as oblique incidence lighting, and is setting the incident angle  $\theta_3$  of incident light to one half of the outgoing radiation angles  $\theta_2$  of drawing 14 (B). In this case, since the travelling direction of zero-order light and the primary diffracted light of positive/negative shifts to the respectively same side as the direction of slant so that it may illustrate, one of the primary diffracted lights of positive/negative of the primary diffracted lights (drawing shows the primary [ - ] case) and zero-order light go into opening of the aperture diaphragm of a projection optical system, and the 2 flux of light passes a projection optical system, and contributes to image formation.

[0066] Therefore, the image of a line is resolved. The include angle (NA) which the image formation side of zero-order light and the primary diffracted light accomplishes in the image formation by this 2 flux-of-light interference and to make is twice the 3 flux-of-light interference include angle (NA) in the usual lighting of drawing 14 (A), therefore resolution becomes twice in the case of drawing 14.

[0067] Although the above explanation is a-like 1-dimensional view, and it is possible to expose a detailed line with the above-mentioned oblique incidence lighting if only the 1-dimensional periodic pattern (repeat pattern) is formed only for the line exposure with a detailed mask. The directivity of a pattern of a common mask is two-dimensional, and since the aperture diaphragm of a projection optical system is equipped with circular opening, the light from a mask is distributed two-dimensional within circular opening, and even if it performs oblique incidence lighting, the advantage of twice usual in the resolution of 2 flux-of-light interference explained by drawing 14 (C) is not acquired.

[0068] It is \*\*\*\* that whose this operation gestalt exposes the detailed line pattern contained in circuit patterns, such as a gate pattern, on conditions with the resolution near usual twice or usual it is the object, and this shows that the object cannot be attained thoroughly in the usual 1-time exposure by the configuration of drawing 14.

[0069] Then, the invention-in-this-application person repeated examination wholeheartedly, and attained the object by arranging drawing which it not only adopts the multiplex exposure which performs the vertical illuminator of large mho, and slanting lighting of small mho to the same pattern, but has opening of the shape of a rectangle which passes selectively the diffracted light from a detailed line below the resolution limit as an aperture diaphragm of a projection optical system in the case of slanting lighting.

[0070] One example of the aligner of this invention is shown in drawing 1.

[0071] In drawing 1, 11 is the light source for exposure and can use a KrF excimer laser (wavelength of about 248nm), an ArF excimer laser (wavelength of about 193nm), or F2 excimer laser (wavelength of about 157nm). If needed, into a resonator, such laser stations a part light corpuscle child, and is used as narrow-band-ized laser.

[0072] As for the aperture diaphragm for exchange, and 17, the aperture diaphragm exchange means of an illumination-light study system and 16 are [ a reticle stage and 18 ] projection optical systems, and the mask with which, as for an illumination-light study system and 13, the \*\* type Fig. in the lighting mode of the illumination-light study system 12 was formed, and, as for 12, the circuit pattern was formed, as for 14, and 15 consist of either refractive media, reflective-refractive media or a reflective system.

[0073] The silicon wafer with a resist the aperture diaphragm exchange means of a projection optical system and whose 21 19 is sensitization substrates as for the aperture diaphragm of a projection optical system and 20, and 22 are wafer stages where hold a wafer 21 and it moves two-dimensional along the direction of an optical axis of a projection optical system 18, and a flat surface vertical to this direction of an optical axis.

[0074] This aligner is equipment which carries out reduced projection exposure of the circuit pattern of a mask 14 to many shot fields of a wafer 21 by the step-and-repeat method, or a step and a scanning method.

[0075] When this aligner performs the above-mentioned rough exposure As (1) showed among lighting mode drawing 13, to a mask 14, the usual partial coherent vertical illuminator 12, i.e., illumination-light study system, large NA, While using an aperture diaphragm (1) with circular opening of large  $mho$  (about  $\sigma=0.6-0.8$ ), a path carries out image formation of the pattern of a mask 14 to the resist of a wafer 2 using aperture-diaphragm (1)' with circular opening of abbreviation max by the projection optical system 18.

[0076] Next, when this aligner performs the above-mentioned fine exposure A mask 14 and a wafer 21 remain as it is fundamentally to the same mask 14 as rough exposure. As (2) showed among lighting mode drawing 13, small NA, While using an aperture diaphragm (2), the oblique incidence lighting 12, i.e., the illumination-light study system, of small  $mho$  (about  $\sigma=0.1-0.3$ ) an aperture diaphragm (2) equipped with opening of the rectangle which has a longitudinal direction in the direction (if it puts in another way the direction of a repeat of the detailed line of a mask 14) with which zero-order light and the primary diffracted light are located in a line with oblique incidence lighting about a diaphragm by opening of a projection optical system 18 in an aperture-diaphragm location -- ' -- using -- The same (it is common) field of a wafer 21 is made to carry out image formation of the pattern of a mask 14.

[0077] the illumination light -- study -- a system -- 12 -- an aperture diaphragm -- (-- one --) -- (-- two --) -- an aperture diaphragm -- exchange -- a means -- 16 -- exchanging -- a projection optical system -- 18 -- an aperture diaphragm -- (-- one --) -- ' -- (-- two --) -- ' -- the aperture-diaphragm exchange means 20 -- exchanging .

[0078] As an aperture-diaphragm exchange means 15, as shown in drawing 6, two aperture diaphragms (filter), the object for fine exposure and the object for rough exposure, 63 and 64 are fixed to one holder 61. As shown in a means to make parallel slide this holder 61 in the direction vertical to the optical axis of the illumination-light study system 12, and to arrange one aperture diaphragm in the optical path 62 of the illumination-light study system 12 selectively, and drawing 7. Two or more aperture diaphragms (filter) 73-77 are fixed to the disc-like holder 71 (turret), and there is a means to make rotate this holder 71 in a field vertical to the optical axis of the illumination-light study system 12, and to arrange one aperture diaphragm in the optical path 72 of the illumination-light study system 12 selectively etc.

[0079] On the other hand, as an aperture-diaphragm exchange means 20, as shown in drawing 8, the aperture diaphragm (filter) 85 equipped with rectangle opening is held to the non-illustrated holder. Make parallel slide this holder in the direction vertical to the optical axis of a projection optical system 18 at the time of fine exposure, and insert in the predetermined location within a projection optical system 18 (pupil posion) aperture-diaphragm 85, and it fixes to it. The means to which parallel are made to slide this holder at the time of rough exposure, and an aperture diaphragm 85 is evacuated from the optical path of a projection optical system the whole holder, As shown in drawing 9, to a projection optical system 18, parallel are made to slide two gobos 95 in the direction vertical to the optical axis of a projection optical system 18 from an outside, and there is a means to form rectangular opening in the core of an optical path etc., by inserting and fixing to the predetermined location within an optical path 96.

[0080] Furthermore, as shown in drawing 10, according to devices 102 and 103, drive the holder and aperture diaphragm 85 of a means of drawing 8, and make it pivotable or two gobos and a gobo insertion evacuation means are made pivotable in the means of drawing 9. The configuration which takes the configuration which enables it to change bearing of rectangle opening, or establishes two or more sorts of aperture diaphragms and the aperture-diaphragm insertion evacuation exchange means which bearings of rectangle opening differ may be taken, and it may use for the example mentioned later.

[0081] Although the above-mentioned operation gestalt carried out double exposure (it exposes twice on conditions which are different without developing negatives on the way) of the integrated gate pattern, below, the operation gestalt which performs the integrated gate pattern by 3-fold exposure is explained.

[0082] As this operation gestalt is shown in drawing 11 , when a gate pattern comrade is integrated, it is an example of the more suitable the exposure approach and an aligner, and the projection aligner which drawing 1 , drawing 7 , and drawing 10 show is used.

[0083] With this operation gestalt, as shown in drawing 12 , it is alike by performing 3-fold exposure of the right fine exposure 2 in addition to rough exposure of two left, and the central fine exposure 1, and each separation boundary of a gate pattern image comrade's xy direction can be emphasized more.

[0084] Although a difference performs the same exposure as the operation gestalt explained by above-mentioned drawing 4 fundamentally [ a certain thing ] to light exposure etc. as for rough exposure and the fine exposure 1 of this operation gestalt Although the fine exposure 2 of the point of performing oblique incidence lighting which forms the double pole effective light source, and spatial-frequency adjustment (filtering) by the aperture diaphragm of rectangle opening is the same as that of the fine exposure 1 a mask pattern is exposed by maintaining, also rotating bearing of the effective light source the need -- responding -- 90 degrees from the condition of the fine exposure 1, and arranging bearing of rectangle opening of an aperture diaphragm. The resolution of the direction (space upper and lower sides) of y for which high resolution is needed because this integrated is raised, and more desirable intensity distribution consist of differing from the direction of oblique incidence lighting further.

[0085] this invention can boil and change various exposure sequences etc. in the range which is not limited to the example explained above and does not deviate from the meaning of this invention

[0086] Especially the opening configuration of the aperture diaphragm of the illumination-light study system 12 and the configuration of the aperture diaphragm of a projection optical system 18 are suitably chosen according to the circuit pattern which should be imprinted to a wafer. for example, as an aperture diaphragm 16 of an illumination-light study system, it has zona-orbicularis-like opening - extracting (drawing 77 of drawing 7 ) -- it has four openings out of an optical axis -- extracting (drawing 76 of drawing 7 ) -- etc. -- it can be used and drawing which has ellipse-like opening as an aperture diaphragm 19 of a projection optical system 18, drawing which has four openings out of an optical axis can be used. Modification (1)-(3) of fine exposure is shown in drawing 13 about this.

[0087] Since the circuit pattern which has the pattern of the line breadth below marginal resolving of equipment can be exposed to a wafer by double exposure or the Mie exposure only by performing some amelioration to a projection aligner, one usual mask, or usual each according to each operation gestalt explained above, migration of the wafer between equipment, exchange of a mask, etc. are unnecessary, and can shorten time amount which double exposure and the Mie exposure take. Next, the operation gestalt which performs rough exposure and fine exposure, without changing the opening configuration of the aperture diaphragm of a projection optical system 18 is explained. This operation gestalt is related with the exposure approach performed with the projection aligner which drawing 1 and drawing 7 show.

[0088] The description of this operation gestalt attaches an auxiliary pattern to this detailed line of the circuit pattern which has the detailed isolated pattern of the line breadth below the resolution limit of an aligner, and this circuit pattern with an auxiliary pattern without developing negatives on the way It is in the point of performing double exposure of the rough exposure by the vertical illuminator of large mho, and the fine exposure by the slanting lighting of small mho, the oversized pattern of 0.5 or more  $\lambda/NA$  is preferentially resolved by rough exposure, and the detailed pattern of 0.5 or less  $\lambda/NA$  is preferentially resolved by fine exposure. Here,  $\lambda$  is the wavelength of exposure light and NA is the numerical aperture by the side of the image surface of a projection optical system.

[0089] In the case of this operation gestalt, the drawing 73 in which the aperture diaphragm of a projection optical system 18 has central circular opening of drawing 7 usual in rough exposure as an aperture diaphragm to which the illumination-light study system 12 is changed using aperture-diaphragm (1)' equipped with circular opening of drawing 1 on the both sides of rough exposure and fine exposure, the drawing 76 in which fine exposure has opening outside [ shaft ] four of drawing 7 , and the drawing 77 with zona-orbicularis opening are used. These aperture diaphragms of the illumination-light study system 12 are switched by the approach stated in the previous example.

[0090] Drawing and drawing 18 which drawing 17 extracts and show the opening image (effective

light source) of 76 extract, drawing of the opening image (effective light source) of 77 and drawing 19 extract, it is drawing of the opening image (effective light source) of 73, and these opening images are formed in opening (pupil) of the aperture diaphragm of a projection optical system with zero-order light.

[0091] The method of an attachment of an auxiliary pattern is described.

[0092] The width of face  $w$  of a pattern attaches an auxiliary pattern to the isolated detailed pattern of 0.5 or less  $\lambda/NA$ . An auxiliary pattern is attached only to one side isolated to the detailed pattern with which only one side is isolated at this time. Line breadth  $w'$  of an auxiliary pattern is about set as 0.25 or less  $\lambda/NA$ , and, as for the spacing  $s$  of a detailed pattern and an isolated pattern, it is effective to make it the same value as line breadth  $w'$  or a near value.

[0093] In addition, an auxiliary pattern is not attached, when crowded with a large number to the extent that neither the case where the detailed pattern constitutes the pattern repeatedly, nor an auxiliary pattern can be attached.

[0094] Moreover, although aimed at the phase (phase of the exposure light which passes through that) of an auxiliary pattern, it is made reversed to a phase (phase of the exposure light which passes through that), and is good also as a phase shift mask of a rim mold. At this time, in the light transmission section, the surroundings of it reverse [ pattern ] the phase of an auxiliary pattern to a detailed pattern, when the target detailed pattern is the protection-from-light section, and in the protection-from-light section, the surroundings of it reverse [ pattern ] the phase of an auxiliary pattern to a surrounding part, when the target detailed pattern is the light transmission section.

[0095] Drawing 16 -1 is the example which attached the auxiliary pattern to two lines of width of face  $w$  with the detailed gate pattern taken up also with the above-mentioned operation gestalt, and drawing 16 -1 ends and encloses the gate pattern of a couple for spacing  $s$  by the auxiliary pattern of width-of-face  $w'$ . Drawing 16 -2 shows the example which attached the auxiliary pattern of the rim mold of width-of-face  $w'$  shown with the slash which made the detailed line of a gate pattern reverse a phase to the light transmission section.

[0096] The result of the double exposure by the exposure approach of this operation gestalt is shown in drawing 20 .

[0097] As for the double exposure in that here, the image side numerical aperture  $NA$  used the exposure light whose projection optical system and wavelength  $\lambda$  of 0.6 are 248nm. Drawing 20 used the mask which attached the  $w'=s=0.03$ micrometer auxiliary pattern to the surroundings of the gate pattern which has a  $w=0.12$ -micrometer detailed line like drawing 16 -1.

[0098] The result to which the lower berth of drawing 20 carried out double exposure of this fine exposure and rough exposure for the result of having performed rough exposure by the illumination light in which the middle of drawing 20 forms the effective light source of drawing 19 for the result of having performed fine exposure by the illumination light in which the upper case of drawing 20 forms the effective light source of drawing 17 is shown.

[0099] In fine exposure, two detailed lines are resolved to making it fade and expose without resolving two detailed lines, when it is rough exposure as drawing 20 shows, but spacing of two lines opens too much, although the configuration required as a gate pattern is not acquired, in the case of double exposure, two detailed lines are resolved and the configuration required as a gate pattern is acquired.

[0100] Thus, also in this operation gestalt, since the circuit pattern which has the pattern of the line breadth below marginal resolving of equipment can be exposed to a wafer according to double exposure only by performing some amelioration to a projection aligner, one usual mask, or usual each, migration of the wafer between equipment, exchange of a mask, etc. are unnecessary, and can shorten time amount which double exposure takes.

[0101] In each operation gestalt explained above, the gestalt of one sheet or these two or more wafers altogether performed to a shot can take exposure of another side, without developing one [ which perform two exposure for every shot ] one [ a gestalt and ], after [ one sheet or two or more wafers of one lot ] performing all to a shot when performing double exposure of rough exposure and fine exposure to many shot fields of a wafer 21.

[0102] Furthermore, it is also possible to perform 2 exposure simultaneously, as the light used for two exposure as a linearly polarized light light a light and the polarization direction cross at right

angles mutually does not interfere in the illumination light of two exposure.

[0103] Moreover, this invention can cope with both NEGAREJISUTO and POJIREJISUTO.

[0104]

[Effect of the Invention] The device manufacture approach that the device which can offer the exposure approach and aligner which can perform multiplex exposure of double exposure, the Mie exposure, etc. by short time amount according to this invention as explained above, therefore has a detailed pattern can be manufactured early can be offered.

---

[Translation done.]

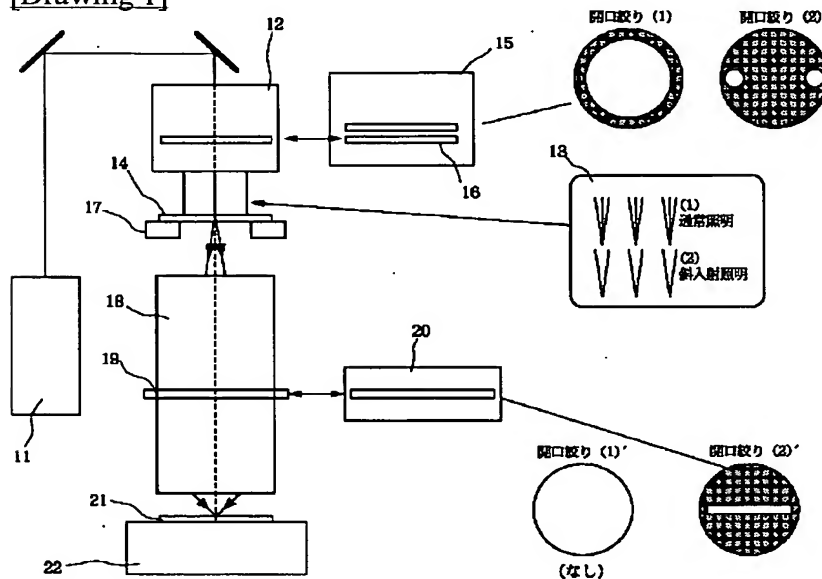
## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

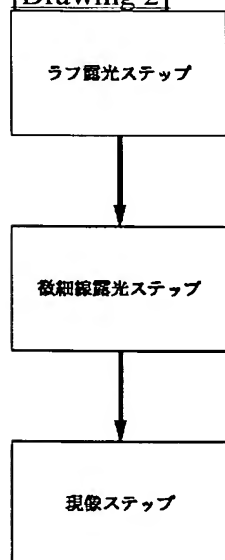
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

[Drawing 1]

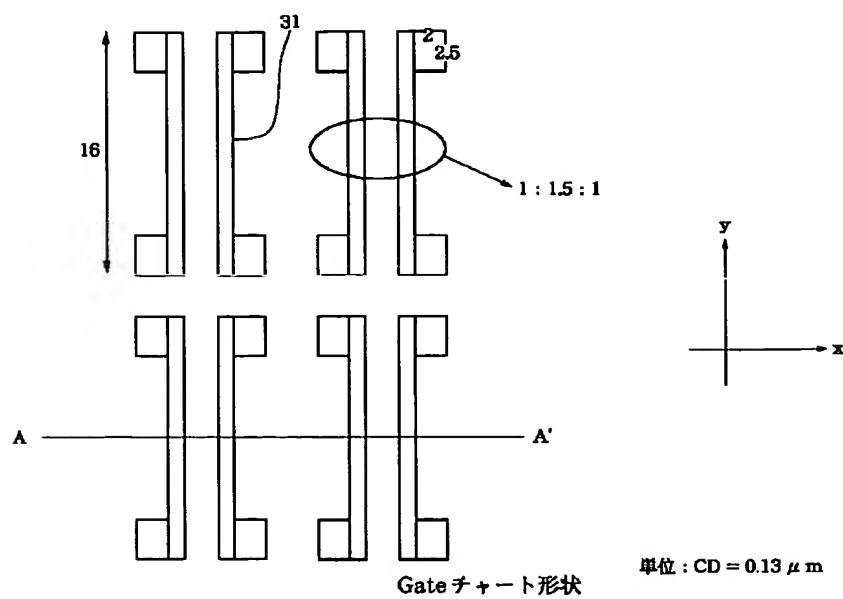


[Drawing 2]

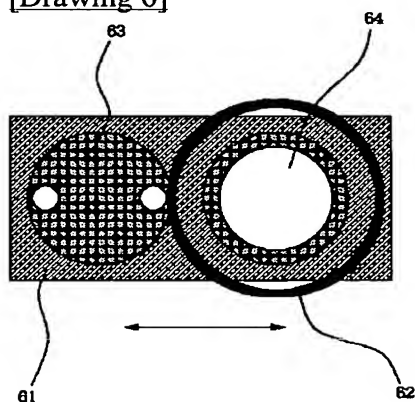


フローチャート

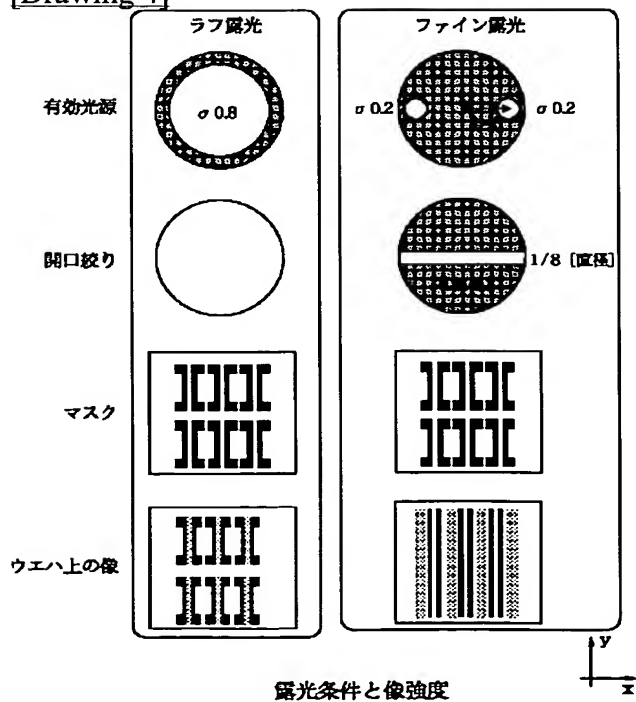
[Drawing 3]



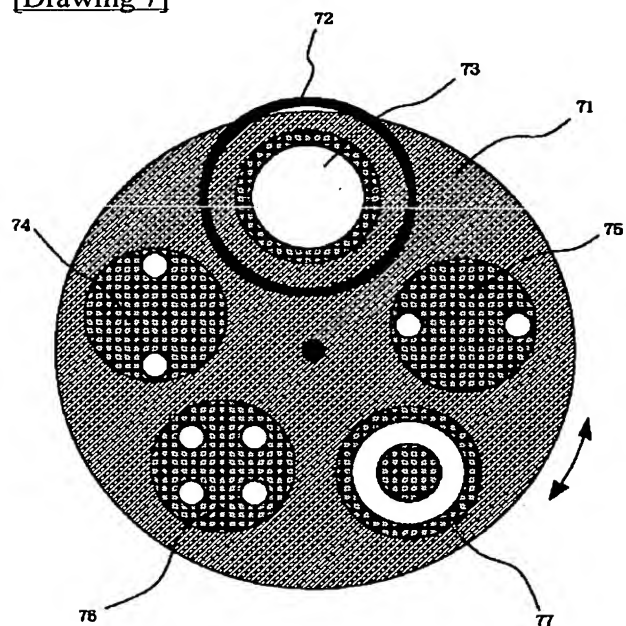
[Drawing 6]



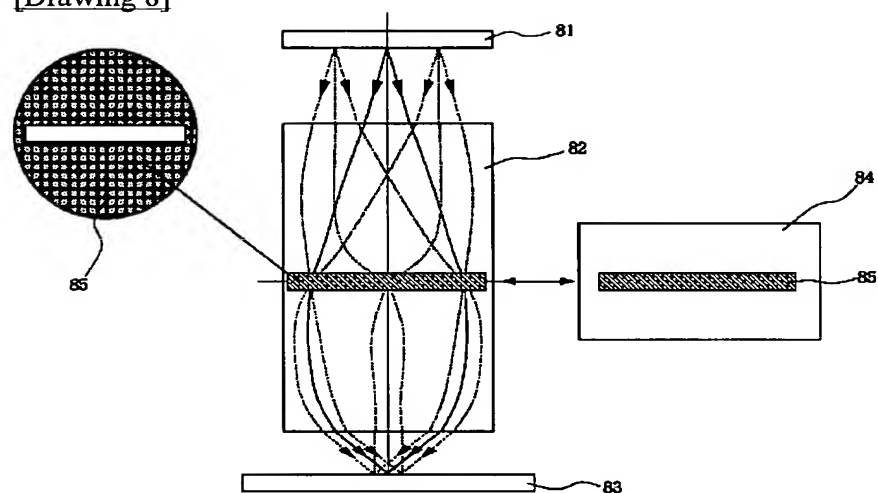
[Drawing 4]



[Drawing 7]

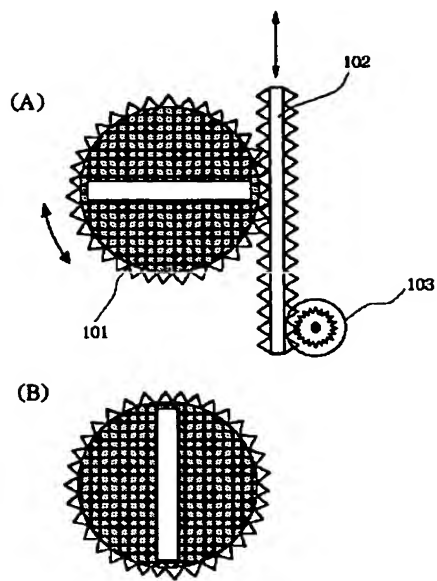


[Drawing 8]

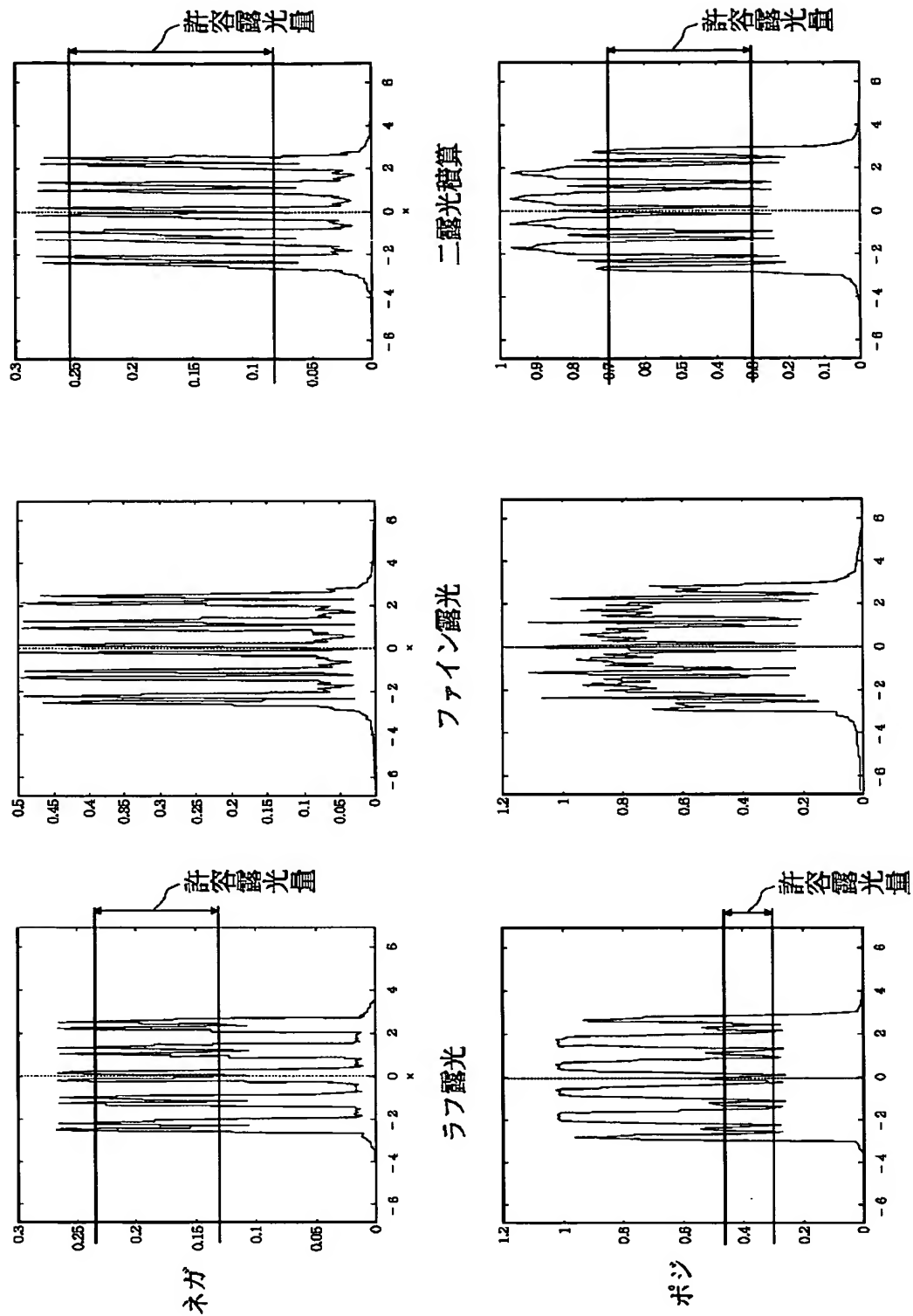


[Drawing 10]



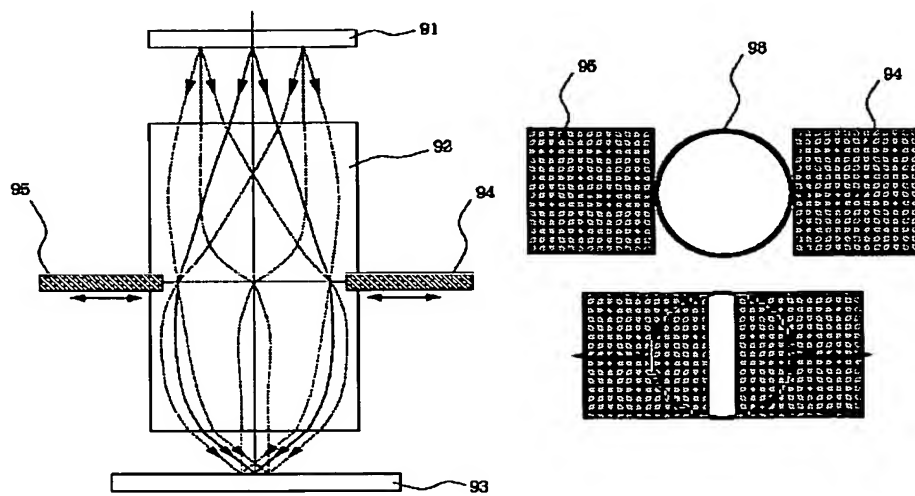


[Drawing 5]

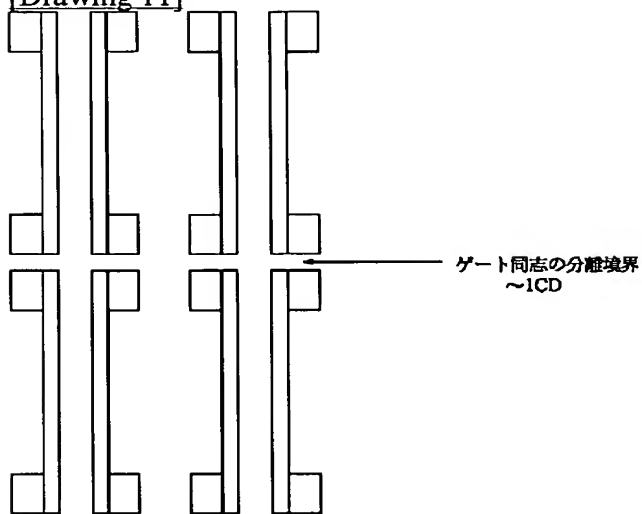


ゲート線部分強度分布と露光裕度

[Drawing 9]

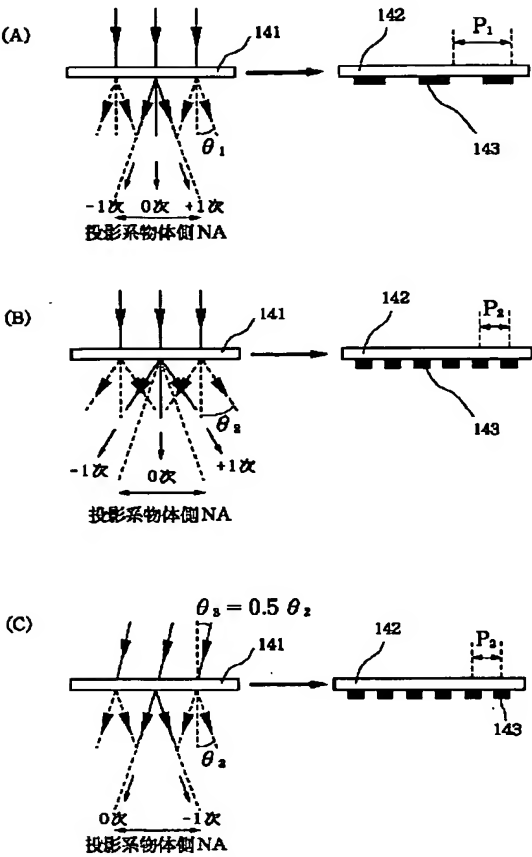


[Drawing 11]

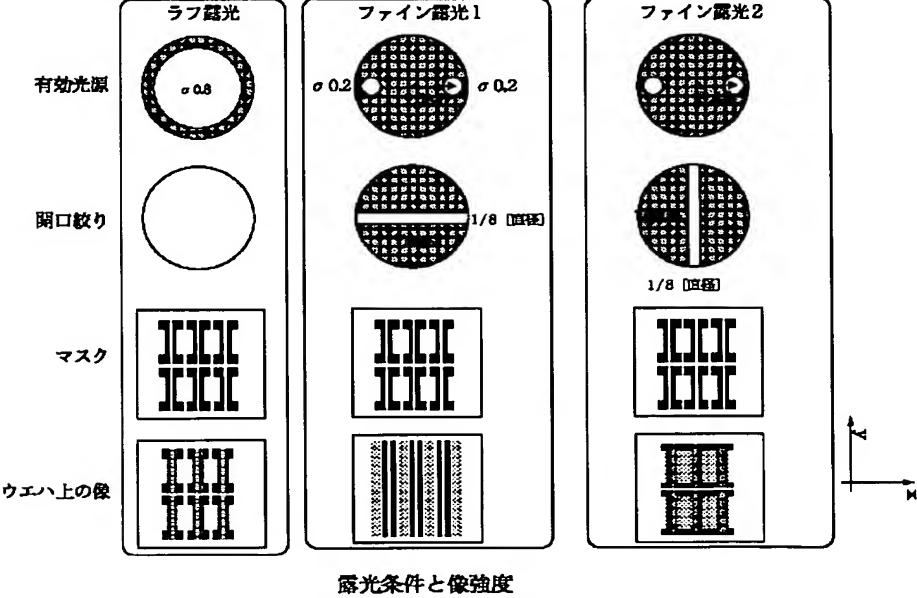


集積化された Gate チャート

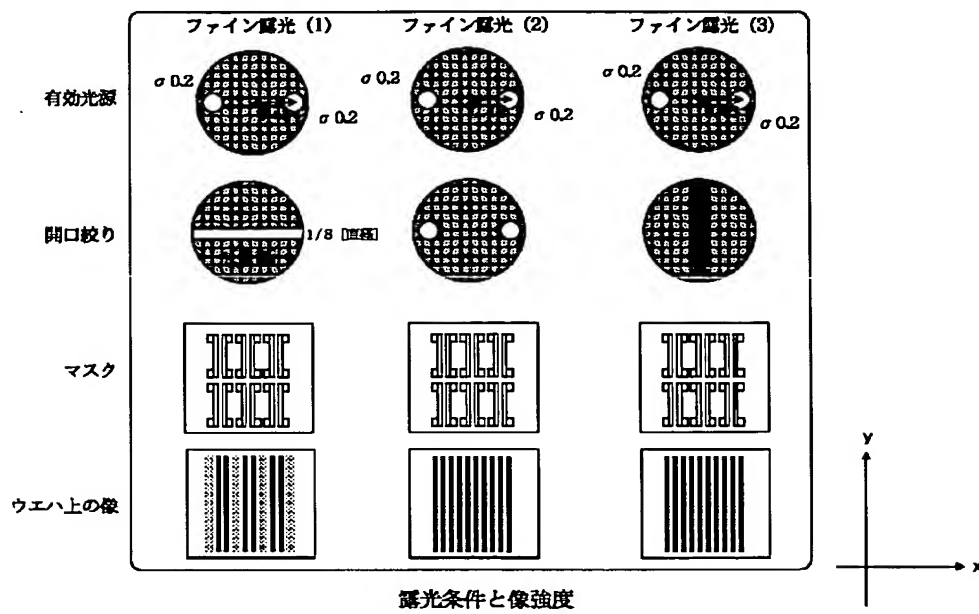
[Drawing 14]



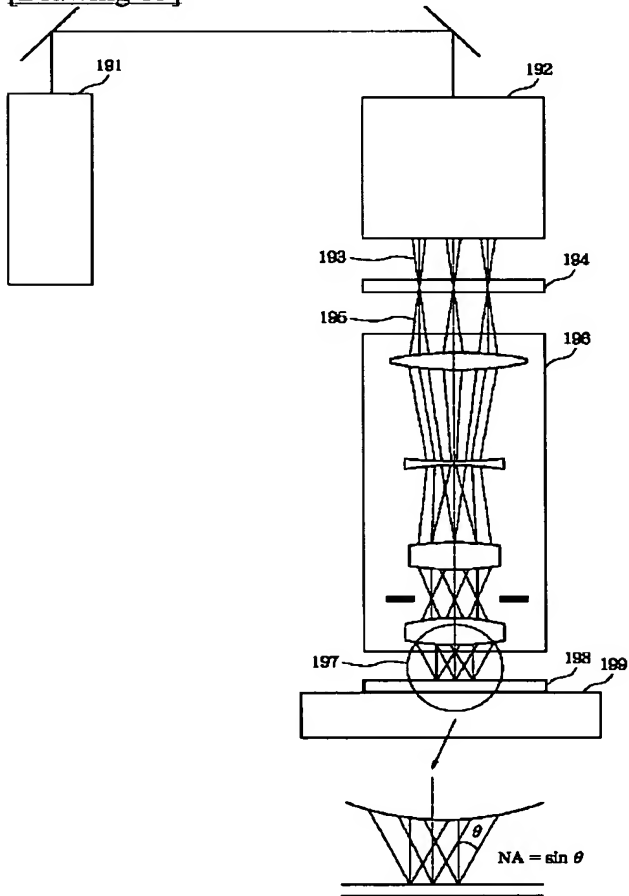
[Drawing 12]



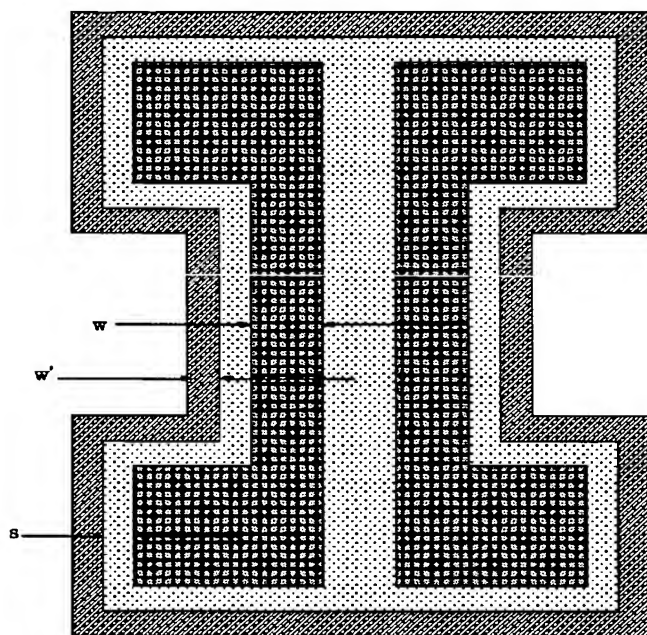
[Drawing 13]



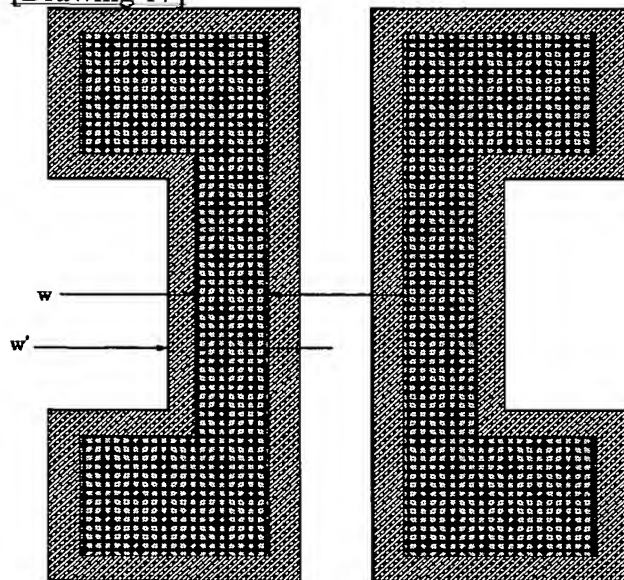
[Drawing 15]



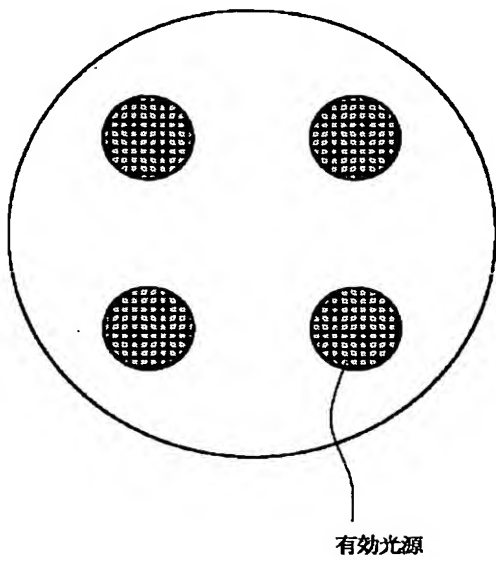
[Drawing 16]



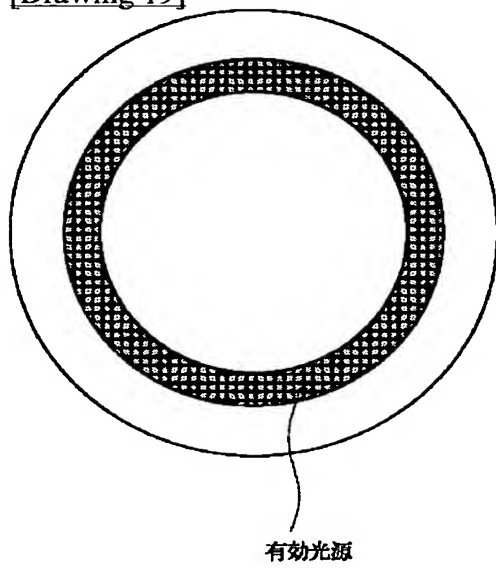
[Drawing 17]



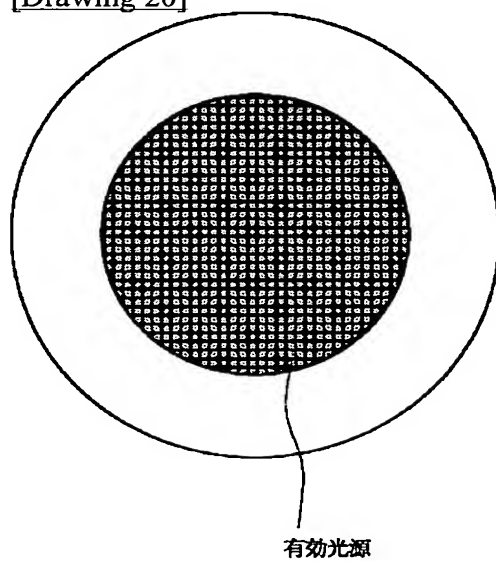
[Drawing 18]



[Drawing 19]



[Drawing 20]



[Drawing 21]

板細パターン露光

defocus = 0   defocus =  $\pm 0.2$    defocus =  $\pm 0.4$ 

ラフパターン露光



二重露光



[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2000-21722  
(P2000-21722A)

(43)公開日 平成12年1月21日(2000.1.21)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード(参考)
H 0 1 L 21/027		H 0 1 L 21/30	5 0 2 C 5 F 0 4 6
G 0 3 F 7/20	5 2 1	G 0 3 F 7/20	5 2 1
7/22		7/22	H
		H 0 1 L 21/30	5 1 4 A
			5 1 5 A

審査請求 未請求 請求項の数25 O L (全 16 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平10-184240

(22)出願日 平成10年6月30日(1998.6.30)

(71)出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72)発明者 杉田 充朗

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内

(72)発明者 川島 美代子

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内

(74)代理人 100069877

弁理士 丸島 儀一

Fターム(参考) 5F046 AA13 BA04 BA05 CA04 CA08

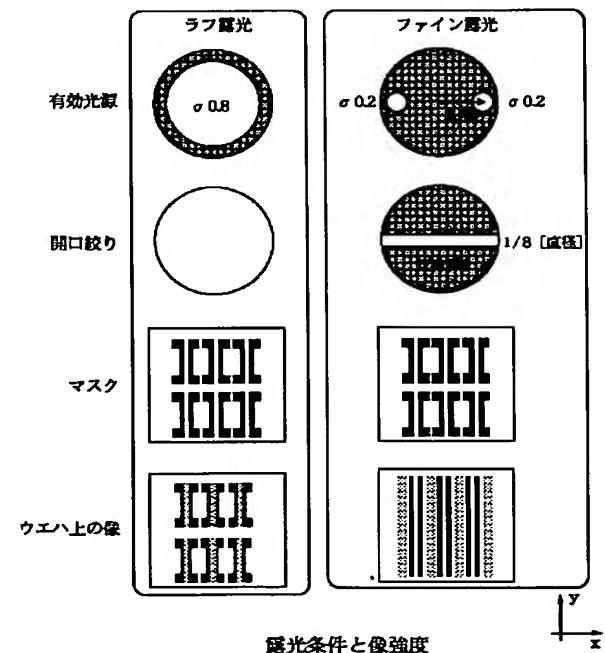
CB05 CB17 CB23 DA01 DA02

(54)【発明の名称】 露光方法及び露光装置

(57)【要約】

【課題】 多重露光に要する時間を短くする。

【解決手段】 投影露光装置に設置したマスクのゲートパターンで、ウエハに対して、途中で現像することなく、小 $\sigma$ の斜め照明によるファイン露光と大 $\sigma$ の垂直照明によるラフ露光の多重露光を行なう。ファイン露光の際は投影光学系の開口絞りとして長方形開口を持つ絞りをを用い、ラフ露光の際は投影光学系の開口絞りとして円形開口を持つ絞りをを用いる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 同一のマスクパターンを露光波長は一定のままで照明条件を変えて照明して共通の被露光領域に投影することを特徴とする露光方法。

【請求項 2】 同一のマスクパターンを小 $\sigma$ （シグマ）と大 $\sigma$ とで照明して共通の被露光領域に投影することを特徴とする露光方法。

【請求項 3】 同一のマスクパターンを小NA（開口数）と大NAとで照明して共通の被露光領域に投影することを特徴とする露光方法。

【請求項 4】 同一のマスクパターンに斜め照明と垂直照明を行なって共通の被露光領域に投影することを特徴とする露光方法。

【請求項 5】 前記マスクパターンは、使用する露光装置の解像限界以下の線幅を持つ開口パターンを有することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか一つに記載の露光方法。

【請求項 6】 前記開口パターンは複数個並んでいることを特徴とする請求項 5 に記載の露光方法。

【請求項 7】 マスクパターンは位相シフトパターンを有することを特徴とする請求項 5 に記載の露光方法。

【請求項 8】 前記開口パターンに近接して補助パターンを配置してあることを特徴とする請求項 5 に記載の露光方法。

【請求項 9】 KrFエキシマレーザー、ArFエキシマレーザー又はF2エキシマレーザーから光で前記マスクパターンを照明することを特徴とする請求項 1-8 のいずれかに記載の露光方法。

【請求項 10】 屈折系、反射-屈折系、又は反射系のいずれかより成る投影光学系によって前記マスクパターンを投影することを特徴とする請求項 1-8 のいずれかに記載の露光方法。

【請求項 11】 前記被露光領域を途中で現像することなく各照明条件で順次露光することを特徴とする請求項 1-10 に記載の露光方法。

【請求項 12】 前記被露光領域を前記各照明条件で各照明条件における光が互いに干渉しない状態で同時に露光することを特徴とする請求項 1-10 に記載の露光方法。

【請求項 13】 同一のマスクパターンを露光波長は一定のままで照明条件を変えて照明して共通の被露光領域に投影する露光モードを有することを特徴とする露光装置。

【請求項 14】 同一のマスクパターンを小 $\sigma$ （シグマ）と大 $\sigma$ とで照明して共通の被露光領域に投影する露光モードを有することを特徴とする露光装置。

【請求項 15】 同一のマスクパターンを小NA（開口数）と大NAとで照明して共通の被露光領域に投影する露光モードを有することを特徴とする露光装置。

【請求項 16】 同一のマスクパターンに斜め照明と垂

直照明を行なって共通の被露光領域に投影する露光モードを有することを特徴とする露光装置。

【請求項 17】 前記マスクパターンは、使用する露光装置の解像限界以下の線幅を持つ開口パターンを有することを特徴とする請求項 14 乃至請求項 16 のいずれか一つに記載の露光装置。

【請求項 18】 前記開口パターンは複数個並んでいることを特徴とする請求項 17 に記載の露光方法。

【請求項 19】 マスクパターンは位相シフトパターンを有することを。特徴とする請求項 17 に記載の露光装置。

【請求項 20】 前記開口パターンに近接して補助パターンを配置してあることを特徴とする請求項 17 に記載の露光装置。

【請求項 21】 KrFエキシマレーザー、ArFエキシマレーザー又はF2エキシマレーザーから光で前記マスクパターンを照明することを特徴とする請求項 13-20 のいずれかに記載の露光装置。

【請求項 22】 屈折系、反射-屈折系、又は反射系のいずれかより成る投影光学系によって前記マスクパターンを投影することを特徴とする請求項 13-20 のいずれかに記載の露光装置。

【請求項 23】 前記被露光領域を途中で現像することなく各照明条件で順次露光することを特徴とする請求項 12-22 に記載の露光装置。

【請求項 24】 前記被露光領域を前記各照明条件で各照明条件における光が互いに干渉しない状態で同時に露光することを特徴とする請求項 13-22 に記載の露光装置。

【請求項 25】 請求項 13-24 のいずれに記載の露光装置を用いてデバイスパターンでウエハを露光する段階と、露光したウエハを現像する段階とを有することを特徴とするデバイス製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、露光方法及び露光装置に関し、特に微細な回路パターンを感光基板上に露光する露光方法および露光装置に関し、本発明の露光方法及び露光装置は、例えば IC、LSI 等の半導体チップ、液晶パネル等の表示素子、磁気ヘッド等の検出素子、CCD 等の撮像素子といった各種デバイスの製造に用いられる。

## 【0002】

【従来の技術】従来より、IC、LSI、液晶パネル等のデバイスをフォトリソグラフィ技術を用いて製造する時には、フォトマスク又はレチクル等（以下、「マスク」と記す。）の回路パターンを投影光学系によってフォトレジスト等が塗布されたシリコンウエハ又はガラスプレート等（以下、「ウエハ」と記す。）の感光基板上に投影し、そこに転写する（露光する）投影露光方法及び投

影露光装置が使用されている。

【0003】上記デバイスの高集積化に対応して、ウエハに転写するパターンの微細化即ち高解像度化とウエハにおける1チップの大面积化とが要求されており、従ってウエハに対する微細加工技術の中心を成す上記投影露光方法及び投影露光装置においても、現在、 $0.5\mu\text{m}$ 以下の寸法（線幅）の像を広範囲に形成するべく、解像度と露光面積の向上が計られている。

【0004】従来の投影露光装置の模式図を図15に示す。図15中、191は遠紫外線露光用光源であるエキシマレーザ、192は照明光学系、193は照明光、194はマスク、195はマスク194から出て光学系196に入射する物体側露光光、196は縮小投影光学系、197は光学系196から出て基板198に入射する像側露光光、198は感光基板であるウエハ、199は感光基板を保持する基板ステージを、示す。

【0005】エキシマレーザ191から出射したレーザ光は、引き回し光学系によって照明光学系192に導光され、投影光学系192により所定の光強度分布、配光分布、開き角（開口数NA）等を持つ照明光193となるように調整され、マスク194を照明する。

【0006】マスク194にはウエハ198上に形成する微細パターンを投影光学系192の投影倍率の逆数倍（例えば2倍や4倍や5倍）した寸法のパターンがクロム等によって石英基板上に形成されており、照明光193はマスク194の微細パターンによって透過回折され、物体側露光光195となる。

【0007】投影光学系196は、物体側露光光195を、マスク194の微細パターンを上記投影倍率で且つ充分小さな収差でウエハ198上に結像する像側露光光197に変換する。像側露光光197は図19の下部の拡大図に示されるように、所定の開口数NA（ $=\sin\theta$ ）でウエハ198上に収束し、ウエハ198上に微細パターンの像を結ぶ。

【0008】基板ステージ199は、ウエハ198の互いに異なる複数の領域（ショット領域：1個又は複数のチップとなる領域）に順次微細パターンを形成する場合に、投影光学系の像平面に沿ってステップ移動することによりウエハ198の投影光学系196に対する位置を変える。

【0009】しかしながら、現在主流の上記のエキシマレーザを光源とする投影露光装置は、 $0.15\mu\text{m}$ 以下のパターンを形成することが困難である。

【0010】投影光学系196は、露光（に用いる）波長に起因する光学的な解像度と焦点深度との間のトレードオフによる解像度の限界がある。投影露光装置による解像パターンの解像度Rと焦点深度DOFは、次の(1)式と(2)式の如きレーリーの式によって表される。

$$R = k_1 (\lambda / NA) \quad \dots\dots (1)$$

$$DOF = k_2 (\lambda / NA^2) \quad \dots\dots (2)$$

ここで、 $\lambda$ は露光波長、NAは投影光学系196の明るさを

表す像側の開口数、 $k_1$ 、 $k_2$ はウエハ198の現像プロセス特性等によって決まる定数であり、通常 $0.5 \sim 0.7$ 程度の値である。

【0012】この(1)式と(2)式から、解像度Rを小さい値とする高解像度化には開口数NAを大きくする「高NA化」があるが、実際の露光では投影光学系196の焦点深度DOFをある程度以上の値にする必要があるため、高NA化をある程度以上進めることは不可能となることと、高解像度化には結局露光波長 $\lambda$ を小さくする「短波長化」が必要となることが分かる。

【0013】ところが短波長化を進めていくと重大な問題が発生する。この問題とは投影光学系196のレンズの硝材がなくなってしまうことである。殆どの硝材の透過率は遠紫外線領域では0に近く、特別な製造方法を用いて露光装置用（露光波長約248nm）に製造された硝材として熔融石英が現存するが、この熔融石英の透過率も波長193nm以下の露光波長に対しては急激に低下するし、 $0.15\mu\text{m}$ 以下の微細パターンに対応する露光波長150nm以下の領域では実用的な硝材の開発は非常に困難である。また遠紫外線領域で使用される硝材は、透過率以外にも、耐久性、屈折率均一性、光学的歪み、加工性等の複数条件を満たす必要があり、このことから、実用的な硝材の存在が危ぶまれている。

【0014】このように従来の投影露光方法及び投影露光装置では、ウエハ198に $0.15\mu\text{m}$ 以下のパターンを形成する為には150nm程度以下まで露光波長の短波長化が必要であるのに対し、この波長領域では実用的な硝材が存在しないので、ウエハ198に $0.15\mu\text{m}$ 以下のパターンを形成することができなかった。

【0015】米国特許第5,415,835号公報は2光束干渉露光によって微細パターンを形成する技術を開示しており、2光束干渉露光によれば、ウエハに $0.15\mu\text{m}$ 以下のパターンを形成することができる。

【0016】2光束干渉露光は、レーザからの可干渉性を有し且つ平行光線束であるレーザ光をハーフミラーによって2光束に分割し、2光束を夫々平面ミラーによって反射することにより2個のレーザ光（可干渉性平行光線束）を0より大きく90度未満のある角度を成して交差させることにより交差部分に干渉縞を形成し、この干渉縞（の光強度分布）によってウエハのレジストを露光して感光させることで干渉縞の光強度分布に応じた微細な周期パターン（露光量分布）をウエハ（レジスト）に形成するものである。

【0017】2光束がウエハ面の立てた垂線に対して互いに逆方向に同じ角度だけ傾いた状態でウエハ面で交差する場合、この2光束干渉露光における解像度Rは次の(3)式で表される。

$$\begin{aligned} \text{【0018】} \\ R &= \lambda / (4 \sin\theta) \\ &= \lambda / 4 NA \end{aligned}$$

10

20

30

40

50

$$= 0.25 (\lambda / NA) \dots\dots (3)$$

ここで、RはL&S(ライン・アンド・スペース)の夫々の幅即ち干渉縞の明部と暗部の夫々の幅を、 $\theta$ は2光束の夫々の像面に対する入射角度(絶対値)を表し、 $NA = \sin \theta$ である。

【0019】通常の投影露光における解像度の式である(1)式と2光束干渉露光における解像度の式である(3)式とを比較すると、2光束干渉露光の解像度Rは(1)式において $k_1 = 0.25$ とした場合に相当するから、2光束干渉露光では $k_1 = 0.5 \sim 0.7$ である通常の投影露光の解像度より2倍以上の解像度を得ることが可能である。上記米国特許第5,415,835号公報には開示されていないが、例えば $\lambda = 0.248 \text{ nm}$ (KrFエキシマ)で $NA = 0.6$ の時は、 $R = 0.10 \mu\text{m}$ が得られる。

【0020】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら2光束干渉露光は、基本的に干渉縞の光強度分布(露光量分布)に相当する単純な縞パターンしか得られないので、所望の形状の回路パターンをウエハに形成することができない。

【0021】そこで上記米国特許第5,415,835号公報は、2光束干渉露光によって単純な縞パターン即ち2値的な露光量分布をウエハ(のレジスト)に与えた後、ある開口が形成されたマスクを用いて通常リソグラフィ(露光)を行なって更に別の2値的な露光量分布をウエハに与えることにより孤立の線(パターン)を得る「多重露光」を提案している。

【0022】しかしながら、上記米国特許第5,415,835号公報の多重露光の方法は、2光束干渉露光用の露光装置にウエハを設置して露光した後で、別の通常露光用の露光装置にウエハを設置し直して露光を行なうので、時間がかかるという問題があった。

【0023】本発明の目的は、比較的短い時間で多重露光が行なえる露光方法及び露光装置を提供することにある。

【0024】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明の第1の露光方法は、同一のマスクパターンを露光波長は一定のままで照明条件を変えて照明して共通の被露光領域に投影することを特徴とする。

【0025】本発明の第2の露光方法は、同一のマスクパターンを小 $\sigma$ (シグマ)と大 $\sigma$ とで照明して共通の被露光領域に投影することを特徴とする。ここで、 $\sigma$ は、照明光学系のマスク側の開口数を投影光学系のマスク側の開口数で割った値である。

【0026】本発明の第3の露光方法は、同一のマスクパターンを小NA(開口数)と大NAとで照明して共通の被露光領域に投影することを特徴とする。ここで、NAは照明光学系のマスク側の開口数である。

【0027】本発明の第4の露光方法は、同一のマスクパターンに斜め照明と垂直照明を行なって共通の被露光領域に投影することを特徴とする。ここで、斜め照明とは投影光学系の光軸に対して傾いた方向から照明する形態であり、垂直照明とは投影光学系の光軸に平行な方向から照明する形態である。

【0028】本発明の第1の露光装置は、同一のマスクパターンを露光波長は一定のままで照明条件を変えて照明して共通の被露光領域に投影する露光モードを有することを特徴とする。

【0029】本発明の第2の露光装置は、同一のマスクパターンを小 $\sigma$ (シグマ)と大 $\sigma$ とで照明して共通の被露光領域に投影する露光モードを有することを特徴とする。ここで、 $\sigma$ は、照明光学系のマスク側の開口数を投影光学系のマスク側の開口数で割った値である。

【0030】本発明の第3の露光装置は、同一のマスクパターンを小NA(開口数)と大NAとで照明して共通の被露光領域に投影する露光モードを有することを特徴とする。ここで、NAは照明光学系のマスク側の開口数である。

【0031】本発明の第4の露光装置は、同一のマスクパターンに斜め照明と垂直照明を行なって共通の被露光領域に投影する露光モードを有することを特徴とする。

【0032】上記の本発明の露光方法及び露光装置によれば、ある露光装置(例えばステップアンドリピート方式やステップアンドスキャン方式の縮小投影露光装置)にあるマスクを配置し、このマスクのパターン(同一のマスクパターン)に対してこの露光装置に異なる照明条件を設定することで多重露光が行なえるので、従来の2台の異なる露光装置を用いる場合に比べて多重露光に要する時間が短くなる。

【0033】尚、上記の小 $\sigma$ と大 $\sigma$ の意味は各シグマの大きさの相対的な関係を意味しているだけであり、「ある $\sigma$ とこの $\sigma$ より大きい(或いは小さい) $\sigma$ 」を意味する。同様に、上記の小NAと大NAの意味は各NAの大きさの相対的な関係を意味しているだけであり、「あるNAとこの $\sigma$ より大きい(或いは小さい)NA」を意味する。

【0034】本発明は、KrFエキシマレーザー(波長約248nm)、ArFエキシマレーザー(波長約193nm)又はF2エキシマレーザー(波長約157nm)から光で前記マスクパターンを照明する形態を含む。

【0035】本発明は、屈折系、反射-屈折系、又は反射系のいずれかより成る投影光学系によって前記マスクパターンを投影する形態を含む。

【0036】本発明は、前記被露光領域を途中で現像することなく各照明条件で順次露光する形態を含む。

【0037】本発明は、前記被露光領域を前記各照明条件で各照明条件における光が互いに干渉しない状態で(例えばそれぞれ直線偏光光として互いに偏光方向を直

交させる等した状態)同時に露光する形態を含む。

【0038】本発明は、前記マスクパターンは、使用する露光装置の解像限界以下の線幅(例えば $0.1\mu\text{m}$ 付近)を持つ開口パターンを有する形態を含む。

【0039】本発明は、前記開口パターンは複数個並んでいる(所謂繰り返しパターンである)形態を含む。

【0040】本発明は、前記マスクパターンは例えばレベンソン型の位相シフトパターンやリム型の位相シフトパターンを有する形態を含む。

【0041】本発明は、前記開口パターンに近接して補助パターンを配置してある形態を含む。

【0042】本発明は、上記の露光方法や露光装置及び各形態を用いてデバイスパターンでウエハを露光する段階と、露光したウエハを現像する段階とを有することを特徴とするデバイス製造方法が提供できる。

【0043】

【発明の実施の形態】本発明の第1の実施形態を説明する。

【0044】第1の実施形態の従来技術に対する改良点は投影露光装置において照明光学系の照明条件と投影光学系の開口絞りとを切り替えることにある。

【0045】本実施形態は、投影露光装置は従来から照明条件切替機構や開口絞り切換え機構を有しているので、本実施形態を実施するための装置の改良は小規模で済むという利点がある。また、多重露光に使用するマスクは、従来と同様のパターンニングを行なった又は若干の改良を施した、基本的に一枚のマスクであるため、作成コストがあまりかからない。

【0046】本実施形態では、専用の2光束干渉計を使用しないことは勿論投影露光装置に2光束干渉専用のレベンソン型位相シフトマスクのように特殊なマスクを設置することなく、ウエハに転写すべき回路パターンが形成された通常のマスクに対して照明光学系の照明条件と投影光学系の開口絞りの形態を適宜設定することにより擬似的に「2光束干渉(微細な干渉縞の形成)」を達成する。

【0047】本実施形態の多重露光の原理は、照明条件によるマスクパターンの空間周波数スペクトルの制御と投影光学系の開口絞りによるマスクパターンの空間周波数スペクトルの制御を組み合わせることによって、マスクから2光束干渉が実質的に生じるような空間周波数成分を抽出してマスクに含まれる通常の露光では解像できない極微細な線パターン(の繰り返しパターン)を当該パターンに最適当該2光束干渉によって独立にウエハのレジストを露光してそこに周期的な潜像を形成する一方、同一のマスクパターンでウエハのレジストに通常の露光を行なった結果の潜像を重ねて形成し(潜像形成の順番は逆でも可)、積算された潜像(積算された露光量分布)を元に現像を行って所望の回路パターンを得るというものである。

【0048】この多重露光法によれば、1マスク内に含まれる多様な微細パターンをそれぞれ投影露光装置の限界能力を用いて露光可能となり、単純な一露光で制限されていた投影露光装置の能力を最大限引き出すことができる。

【0049】例えば、KrFエキシマレーザ(波長約248nm)と像側の開口数(NA)0.6の投影レンズ系とを用いた投影露光装置で、線幅 $0.1\mu\text{m}$ のパターン(像)をシリコンウエハのレジスト上の露光(潜像形成)することも可能であり、この線幅は現在この種の装置の限界とされている最小焼付け線幅 $0.2\mu\text{m}$ の $1/2$ の線幅であり、約2倍の解像度が得られることになる。

【0050】図2に本多重露光法の基本的なフローチャートを示す。

【0051】図2に示すとおり、本多重露光法は、ラフ(粗)露光ステップ、ファイン(微細)露光ステップを含む。ラフ露光ステップとファイン露光ステップは図2の逆の順番で行なっても良く、少なくとも一方のステップに複数回の露光ステップがある場合は、ラフ露光ステップとファイン露光ステップを交互に行う方法もある。ラフ露光とファイン露光の間で現像は行なわない。

【0052】また、各露光ステップ間には公知のウエハアライメントステップ等を適宜挿入して像形成精度を上げる方法がある。このように本発明は図2のものにその手順や構成が限定されるものではない。

【0053】図2が示す手順に従って多重露光を行なう場合、あるマスクのパターン(マスクパターン)と投影露光装置を用いてまずラフ露光を行い、ウエハ等の感光基板をマスクパターンの像で露光する(レジストに潜像を形成する)。本実施形態は投影光学系で解像できる最小線幅以下の極微細な線幅の像を感光基板に露光するものであるため、マスクパターンは最小線幅以下の線幅に対応するパターンを含んでいる。このようなマスクパターンの一例を図3に示す。

【0054】図3のパターンは半導体デバイスのASICに用いられる所謂ゲートパターンである。図3中、31はゲート線で、スイッチングを司る主要部分であり、このゲート線の線幅に極微細化が望まれている。一方、32は配線コンタクト部で、この部分32はある程度の面積が必要であるため、ゲート線31に比べて寸法が大きなパターンとなっている。従って、このゲートパターンは投影光学系で解像できる最小線幅以下の像に対応する微細な線パターンとそれに比べて大きめのパターンとが混在している。そのためラフ露光(投影露光)ステップではおおきめのパターンは解像されるが微細線パターンは解像されない。またその際の焦点深度は浅い。

【0055】次にラフ露光を行った感光基板の同一領域(共通領域)に対して、現像を行わずにファイン露光を行なって、同一領域のレジストを微細線パターンの像で露光することによって多重露光を完了するが、本実施

形態のファイン露光は、マスクをそのままにして同一のマスクパターンを対象に、マスクを照明する照明光学系の照明条件とマスクパターンを投影する投影光学系の開口絞りの形態を（ラフ露光の場合に対して）変更した後で行うところが特徴である。

【0056】図4に、本実施形態のラフ露光とファイン露光のそれぞれで設定される有効光源の形状（照明光学系の開口絞りを投影光学系の開口絞りの開口に投影したの像の形状）と投影光学系の開口絞りの開口形状とマスクとウエハ上の像とを示す。

【0057】図4に示す通り、本実施形態では、同一のマスクパターンに対して、ラフ露光の際は $\sigma=0.8$ 程度の有効光源を形成する垂直照明法（通常の照明法）を用い、ファイン露光の際は2重極の（ $\sigma=0.2$ 程度の円形光源が一対光軸に関して対称にマスクパターンであるゲートパターンアレイの微細線パターンの繰り返し方向であるx方向に並ぶ）有効光源を形成するような斜め照明法を用い、共に投影光学系の開口絞りとマスクパターンであるゲートパターンアレイの微細線パターンの繰り返し方向であるx方向に長い長方形の開口を備える絞りを、ラフとファインの多重露光を行なう。尚、図4中のx軸とy軸の各方向は図3のゲートパターン中に示したx軸とy軸の各方向と揃えてある。

【0058】このような多重露光を行った時の各パターン像の光強度分布（断面）図の一例を図5に示す。図5は具体的には図3に示したゲートパターンのゲート線の中央部のA-A'断面の光強度分布を示している。図5において、上段はネガレジストに対する露光、下段はポジレジストに対する露光の結果を示し、各段左から順にラフ露光の結果、ファイン露光の結果、そしてラフとファインの二露光の積算結果を示している。

【0059】図5より、ラフ露光だけではゲート線を形成できる許容露光量の幅（露光裕度）が狭いのに対し、二露光（多重露光）ではファイン露光によりコントラストの大きいゲート線パターンの光強度分布が積算されることによって許容露光量の幅がネガレジストに対する露光で約2倍、ポジレジストに対する露光では約3倍に拡大されていることがわかる。

【0060】即ち本実施形態の多重露光により露光装置の通常の解像限界よりも解像度の高い（線幅の狭い）パターンの像で被露光基板のレジストを安定して露光し感光させる（潜像を形成させる）ことが可能となる。

【0061】図14で本実施形態のファイン露光で用いた斜め照明法に基づく結像の効果を説明する。

【0062】図14中、(A)が通常の露光装置の通常の使用状態で最小線幅のパターンを露光する様子、(B)が通常の使用状態で限界解像の2倍の周波数のパターンを露光する様子、(C)が本実施形態の斜め照明法で2倍

の周波数のパターンを露光する様子、を示す模式図である。

【0063】図14(A)では、マスク141上の線の繰り返しパターン143のピッチP1に対応する1次回折光が投影光学系の開口絞りの開口にぎりぎり入る状態となっている。即ち、投影光学系を通過して結像に寄与する光はマスクを素通りする0次光と正負の1次回折光との3光束である。尚、図14中、142はガラス基板である。

10 【0064】図14(B)は、マスク141上の線の繰り返しパターン143のピッチP2を図14(A)のピッチP1の $1/2$ としたもので、この場合マスクで回折された1次回折光の出射角 $\theta_2$ は14(A)の場合の出射角 $\theta_1$ に比べて2倍となる。従って投影光学系の開口絞りの開口に入るのは0次光のみとなり、即ち投影光学系を通過して結像に寄与する光はマスクを素通りする0次光であり、線の像は解像されない。

20 【0065】図14(C)は、図14(B)と同じく図14(A)のピッチP1の $1/2$ のピッチのパターン143を用いるが、入射光を投影光学系の光軸に対して傾けて斜入射照明とした場合であり、入射光の入射角 $\theta_3$ は図14(B)の出射角 $\theta_2$ の $1/2$ としている。この場合図示するように0次光と正負の1次回折光の進行方向がそれぞれ斜め方向に同じ側にシフトするので、正負の1次回折光の内のどちらか一方の1次回折光（図は-1次の場合を示している）と0次光とが投影光学系の開口絞りの開口に入り、2光束が投影光学系を通過して結像に寄与する。

30 【0066】従って線の像は解像される。この2光束干渉による結像において0次光と1次回折光の結像面が成すなす角度(NA)は図14(A)の通常照明の場合の3光束干渉角度(NA)の2倍であり、従って解像度は図14の場合の2倍となる。

40 【0067】以上の説明は1次元的な見方であり、もしマスクが微細な線露光専用で1次元の周期パターン（繰り返しパターン）だけ形成してあれば上記の斜入射照明によって微細な線を露光することが可能であるが、一般的なマスクはパターンの方向性が2次元であり投影光学系の開口絞りは円形開口を備えているため、マスクからの光は円形開口内で2次元的に分布し、斜入射照明を行っても図14(C)で説明した2光束干渉の解像度が通常の2倍という利点が得られない。

【0068】このことから、本実施形態はゲートパターン等の回路パターンに含まれる微細な線パターンを解像度が通常の2倍或いはそれに近い条件で露光するのが目的であるので、図14の構成による通常の一回露光では目的を完全に達成できないことが分かる。

50 【0069】そこで本願発明者は鋭意検討を重ね、同一パターンに対して大 $\sigma$ の垂直照明と小 $\sigma$ の斜め照明を行なう多重露光を採用するだけでなく、斜め照明の際に投

影光学系の開口絞りとして解像限界以下の微細な線からの回折光を選択的に通過させる長方形の開口を有する絞りを配置することによって目的を達成した。

【0070】本発明の露光装置の一実施例を図1に示す。

【0071】図1において、11は露光用の光源であり、KrFエキシマレーザー（波長約248nm）、ArFエキシマレーザー（波長約193nm）又はF2エキシマレーザー（波長約157nm）が使用できる。これらのレーザーは必要に応じて共振器内に分光素子を配置して狭帯域化レーザーとして用いられる。

【0072】12は照明光学系、13は照明光学系12の照明モードの模式図、14は回路パターンが形成されたマスク、15は照明光学系の開口絞り交換手段、16は交換用開口絞り、17はレチクルステージ、18は投影光学系で、屈折系、反射-屈折系、又は反射系のいずれかより成る。

【0073】19は投影光学系の開口絞り、20は投影光学系の開口絞り交換手段、21は感光基板であるところのレジスト付シリコンウエハ、22はウエハ21を保持して投影光学系18の光軸方向及びこの光軸方向に垂直な平面に沿って2次元的に移動するウエハステージである。

【0074】この露光装置はステップアンドリピート方式やステップアンドスキャン方式でウエハ21の多数のショット領域にマスク14の回路パターンを縮小投影露光する装置である。

【0075】この露光装置で前述のラフ露光を行なう場合は、マスク14に対し、照明モード図13中(1)で示したように通常の部分コヒーレント垂直照明即ち照明光学系12で大NA、大 $\sigma$  ( $\sigma=0.6\sim0.8$ 程度)の円形開口を持つ開口絞り(1)を用いると共に投影光学系18で径が略最大の円形開口を持つ開口絞り(1)'を用いて、マスク14のパターンをウエハ2のレジストに結像させる。

【0076】次に、この露光装置で前述のファイン露光を行う場合は、ラフ露光と同一のマスク14に対し、マスク14とウエハ21は基本的にそのまま、照明モード図13中(2)で示したように小NA、小 $\sigma$  ( $\sigma=0.1\sim0.3$ 程度)の斜入射照明即ち照明光学系12で開口絞り(2)を用いると共に投影光学系18の開口で絞りについては斜入射照明により開口絞り位置で0次光と1次回折光が並ぶ方向（換言すればマスク14の微細な線の繰返し方向）に長手方向を持つ長方形の開口を備える開口絞り(2)'を用いて、マスク14のパターンをウエハ21の同一（共通の）領域に結像させてる。

【0077】照明光学系12の開口絞り(1)と(2)は開口絞り交換手段16により交換し、投影光学系の18の開口絞り(1)'と(2)'は開口絞り交換手段20によって交換する。

【0078】開口絞り交換手段15としては、図6に示

すように、ファイン露光用とラフ露光用の2つの開口絞り（フィルタ）63、64を1つの保持具61に固定しておき、この保持具61を照明光学系12の光軸に垂直な方向に平行にスライドさせて一方の開口絞りを選択的に照明光学系12の光路62内に配置する手段や、図7に示すように、複数の開口絞り（フィルタ）73-77を円盤状の保持具71（ターレット）に固定しておき、この保持具71を照明光学系12の光軸に垂直な面内で回転させて一つの開口絞りを選択的に照明光学系12の光路72内に配置する手段等がある。

【0079】一方、開口絞り交換手段20としては、図8に示すように、長方形開口を備える開口絞り（フィルタ）85を不図示の保持具に保持しておき、ファイン露光時にこの保持具を投影光学系18の光軸に垂直な方向に平行にスライドさせて投影光学系18内の所定位置（瞳位置）に開口絞り85挿入して固定し、ラフ露光時にはこの保持具を平行にスライドさせて保持具ごと開口絞り85を投影光学系の光路から退避させる手段や、図9に示すように投影光学系18に対して外側より2枚の遮光板95を投影光学系18の光軸に垂直な方向に平行にスライドさせて光路96内の所定位置まで挿入して固定することにより光路の中心部に長方形の開口を形成する手段等がある。

【0080】更に、図10に示すように機構102、103によって図8の手段の保持具や開口絞り85を駆動して回転可能にしたり、図9の手段において2枚の遮光板と遮光板挿入退避手段とを回転可能にしたりして、長方形開口の方位を変更できるようにする構成を採ったり、長方形開口の方位が異なる複数種の開口絞り（フィルタ）と開口絞り挿入退避交換手段を設けたりする構成を採り、後述する実施例に用いることもある。

【0081】前述の実施形態は集積化されたゲートパターンを2重露光（途中で現像しないで異なる条件で2回露光する）するものであったが、以下には集積化されたゲートパターンを3重露光で行なう実施形態を説明する。

【0082】本実施形態は図11に示すようにゲートパターン同志が集積化された場合に、より適した露光方法および露光装置の一例であり、図1、図7及び図10が示す投影露光装置が用いられる。

【0083】本実施形態では図12に示すように、2左のラフ露光と中央のファイン露光1に加えて右のファイン露光2の3重露光を行うことによりゲートパターン像同志のxy方向のそれぞれの分離境界を強調できる。

【0084】本実施形態のラフ露光とファイン露光1は露光量などに違いはあるものの基本的に前述の図4で説明した実施形態と同じ露光を行なうが、ファイン露光2は、2重極有効光源を形成する斜入射照明と長方形開口の開口絞りによる空間周波数調整（フィルタリング）を

行う点はファイン露光1と同様であるが、マスクパターンは維持して、開口絞りの長方形開口の方位を（必要に応じて有効光源の方位も）ファイン露光1の状態から90度回転させて配置して露光を行なう。これによって集積化されたことで高い解像度が必要となったy方向（紙面上下）の解像度を高め、更に斜入射照明の方向と異なることで、より好ましい強度分布を構成している。

【0085】本発明は以上説明した実施例に限定されるものではなく本発明の趣旨を逸脱しない範囲において露光シーケンス等も種々に変更する事が可能である。

【0086】特に照明光学系12の開口絞りの開口形状や投影光学系18の開口絞りの形状はウエハに転写すべき回路パターンに合わせて適宜選択される。例えば照明光学系の開口絞り16としては輪帯状の開口を持つ絞り（図7の絞り77）や光軸外に4つの開口を持つ絞り（図7の絞り76）等も使用でき、投影光学系18の開口絞り19としては楕円状開口を持つ絞りや光軸外に4つの開口を持つ絞り等を用いることができる。これに関してファイン露光の変形例(1)-(3)を図13に示す。

【0087】以上説明した各実施形態によれば、通常の投影露光装置と一枚のマスク或いはそれぞれに若干の改良を施しただけで、装置の限界解像以下の線幅のパターンを有する回路パターンを二重露光や三重露光によってウエハに露光できるので、装置間のウエハの移動、マスクの交換等が不要であり、二重露光や三重露光に要する時間を短くできる。次に投影光学系18の開口絞りの開口形状を換えずにラフ露光とファイン露光を行なう実施形態を説明する。本実施形態は図1及び図7が示す投影露光装置により行なう露光方法に関するものである。

【0088】本実施形態の特徴は、露光装置の解像限界以下の線幅の微細な孤立パターンを有する回路パターンのこの微細な線に補助パターンを付設し、この補助パターン付回路パターンを、途中で現像を行なわないで、大 $\sigma$ の垂直照明によるラフ露光と小 $\sigma$ の斜め照明によるファイン露光との二重露光を行なう点にあり、ラフ露光で $0.5\lambda/NA$ 以上の大き目のパターンを優先的に解像し、ファイン露光で $0.5\lambda/NA$ 以下の微細パターンを優先的に解像する。ここで、 $\lambda$ は露光光の波長、 $NA$ は投影光学系の像面側の開口数である。

【0089】本実施形態の場合、投影光学系18の開口絞りはラフ露光とファイン露光の双方で図1の円形開口を備える開口絞り(1)'を用い、照明光学系12の切り替えられる開口絞りとしては、ラフ露光は図7の通常の中中央円形開口を持つ絞り73、ファイン露光は図7の4つの軸外開口を持つ絞り76や輪帯開口を持つ絞り77が用いられる。照明光学系12のこれらの開口絞りは先の実施例で述べた方法により切り換えられる。

【0090】図17は絞り76の開口像（有効光源）を示す図、図18は絞り77の開口像（有効光源）の図、図19は絞り73の開口像（有効光源）の図であり、こ

れらの開口像は0次光で投影光学系の開口絞りの開口内（瞳）に形成される。

【0091】補助パターンの付設の仕方について述べる。

【0092】パターンの幅 $w$ が $0.5\lambda/NA$ 以下の孤立した微細パターンに対して補助パターンを付ける。この時、片側のみ孤立している微細パターンには孤立している片側のみに補助パターンを付ける。補助パターンの線幅 $w'$ は大凡 $0.25\lambda/NA$ 以下に設定され、微細パターンと孤立パターンの間隔 $s$ は線幅 $w'$ と同じ値または近い値にするのが有効である。

【0093】尚、微細パターンが繰り返しパターンを構成している場合や補助パターンを付設できないくらい多数密集している場合には、補助パターンは付けない。

【0094】また、補助パターンの位相（そこを通過する露光光の位相）を対象とするものの位相（そこを通過する露光光の位相）に対して反転させてリム型の位相シフトマスクとしてもいい。この時、対象としている微細パターンが光透過部でその回りが遮光部の場合には微細パターンに対して補助パターンの位相を反転させ、対象としている微細パターンが遮光部でその回りが光透過部の場合には回りの部分に対して補助パターンの位相を反転させる。

【0095】図16-1は前述の実施形態でも採り上げたゲートパターンの微細な2本の幅 $w$ の線に補助パターンを付設した例で、図16-1は一对のゲートパターンを間隔 $s$ をあけて幅 $w'$ の補助パターンで取り囲んだものである。図16-2はゲートパターンの微細な線に光透過部に対して位相を反転させた斜線で示す幅 $w'$ のリム型の補助パターンを付設した例を、示す。

【0096】本実施形態の露光方法による二重露光の結果を図20に示す。

【0097】ここでの二重露光は像側開口数 $NA$ が0.6の投影光学系と波長 $\lambda$ が248nmの露光光を用いた。図20は図16-1のように $w=0.12\mu m$ の微細線を有するゲートパターンの回りに $w'=s=0.03\mu m$ の補助パターンを付設したマスクを用いた。

【0098】図20の上段は図17の有効光源を形成する照明光でファイン露光を行なった結果を、図20の中段は図19の有効光源を形成する照明光でラフ露光を行なった結果を、図20の下段はこのファイン露光とラフ露光の二重露光を行なった結果を示す。

【0099】図20が示す通り、ラフ露光の場合は2つの微細な線が解像されないでボケて露光させるのに対し、ファイン露光の場合には2つの微細な線が解像されているが、2つの線の間隔が開きすぎていてゲートパターンとして必要な形状が得られていないが、二重露光の場合は2つの微細な線が解像され且つゲートパターンとして必要な形状が得られている。

【0100】このように本実施形態においても、通常の

投影露光装置と一枚のマスク或いはそれぞれに若干の改良を施しただけで、装置の限界解像以下の線幅のパターンを有する回路パターンを二重露光によってウエハに露光できるので、装置間のウエハの移動、マスクの交換等が不要であり、二重露光に要する時間を短くできる。

【0101】以上説明した各実施形態において、ウエハ21の多数個のショット領域にラフ露光とファイン露光の二重露光を行なう場合、各ショット毎に二つの露光を行なう形態、一方の露光を1枚又は1ロットの複数枚のウエハの全てショットに対して行なった後で、現像することなく、他方の露光をこの1枚又は複数枚のウエハの全てショットに対して行なう形態が採れる。

【0102】更に、二つの露光の照明光を互いに偏光方向が直交する直線偏光光として、二つの露光に使用する光が干渉しないようにして、二つ露光を同時に行なうことも可能である。

【0103】また、本発明は、ネガレジスト及びポジレジストのどちらにも対処できる。

【0104】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、短い時間で、二重露光や三重露光などの多重露光が行なえる露光方法や露光装置を提供でき、従って、微細パターンを有するデバイスを早く製造できるデバイス製造方法を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の露光装置の一例を示す図である。

【図2】本発明の露光方法のフローの一例を示す図である。

【図3】ゲートチャート形状を示す模式図である。

【図4】本発明の露光方法の実施形態1の露光条件と像強度を示す模式図である。

【図5】実施形態1の微細な線の部分の強度分布と露光裕度を示す模式図である。

【図6】照明光学系の開口絞り交換手段の一例を示す模式図である。

【図7】照明光学系の開口絞り交換手段の他の例を示す模式図である。

【図8】投影光学系の開口絞り交換手段の一例を示す模式図である。

【図9】投影光学系の開口絞り交換手段の他の例を示す模式図である。

【図10】投影光学系の開口絞りの回転手段の一例を示す模式図である。

【図11】集積化されたゲートチャートの一例を示す模式図である。

【図12】本発明の露光方法の実施形態2の露光条件と像強度を示す模式図である。

【図13】ファイン露光の他の実施例を示す模式図である。

【図14】斜入射照明の効果を説明図である。

【図15】通常の投影露光装置を示す概略図である。

【図16】本発明の露光方法の実施形態3で用いる補助パターン付ゲートパターンの一例を示す説明図である。

【図17】本発明の露光方法の実施形態3で用いる補助パターン付ゲートパターンの他の例を示す説明図である。

【図18】有効光源の一例を示す図である。

【図19】有効光源の他の例を示す図である。

【図20】有効光源の他の例を示す図である。

【図21】実施形態3の二重露光の効果を説明図である。

【符号の説明】

11 露光光源

12 照明光学系

13 照明モード

14 マスク

15 照明光学系の開口絞り交換手段

16 照明光学系の開口絞り

17 マスクステージ

18 投影光学系

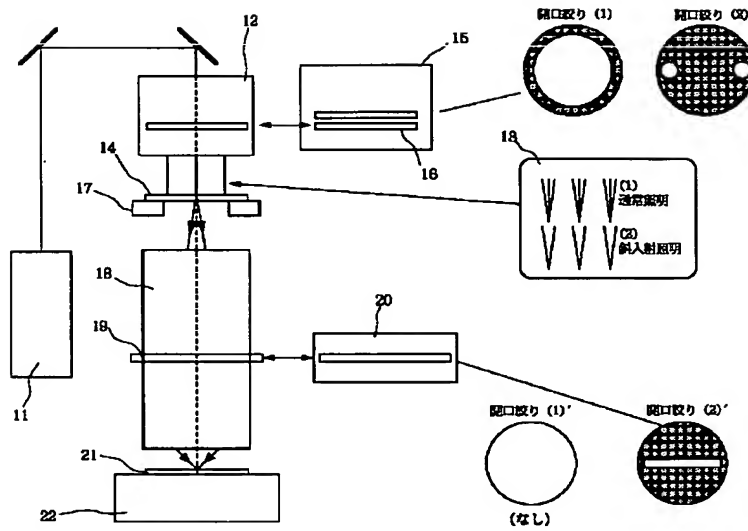
19 投影光学系の開口絞り

20 投影光学系の開口絞りの交換手段

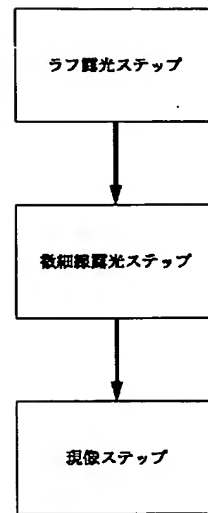
21 ウエハ

22 ウエハステージ

【図1】

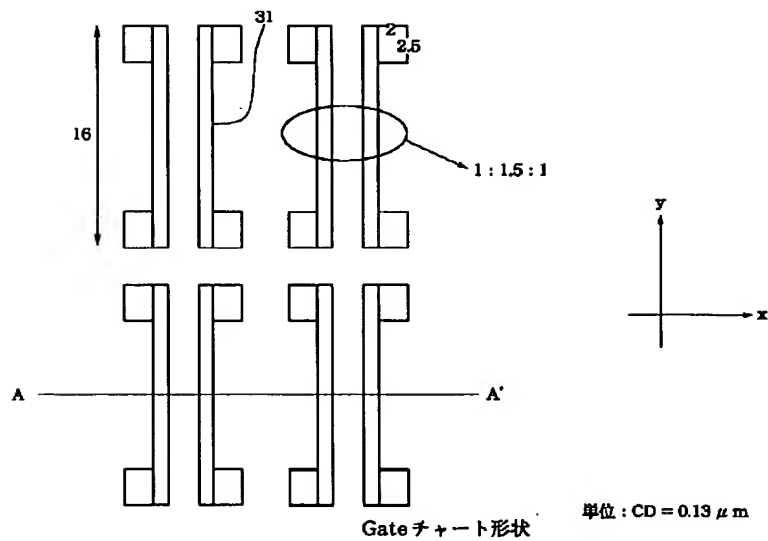


【図2】

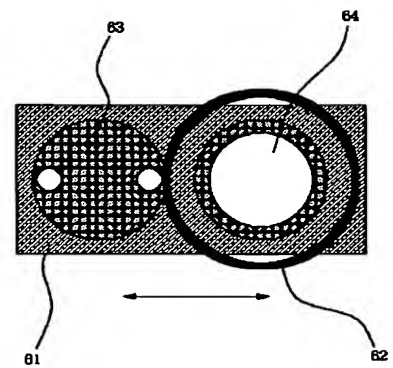


フローチャート

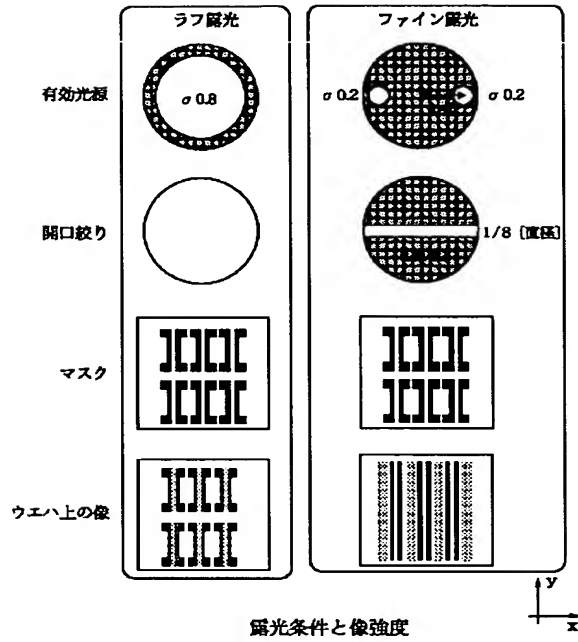
【図3】



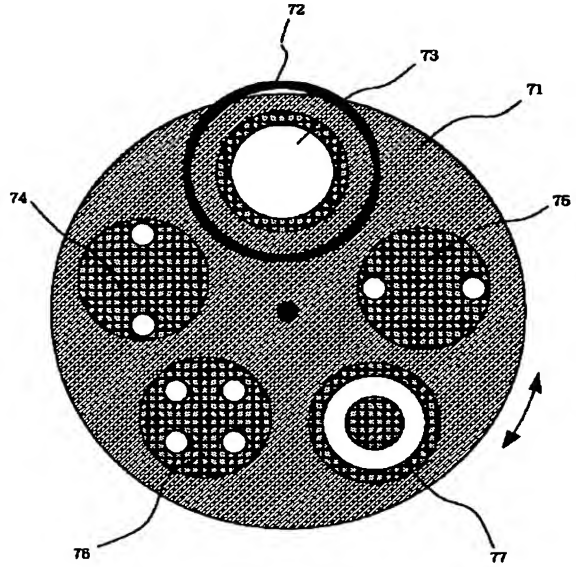
【図6】



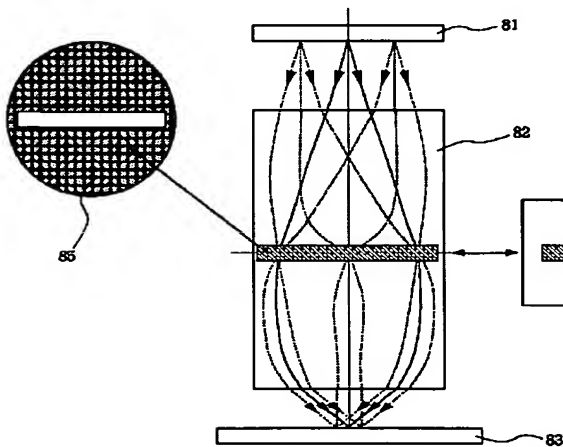
【図4】



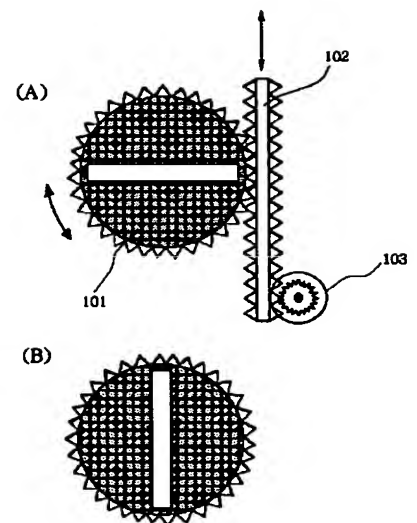
【図7】



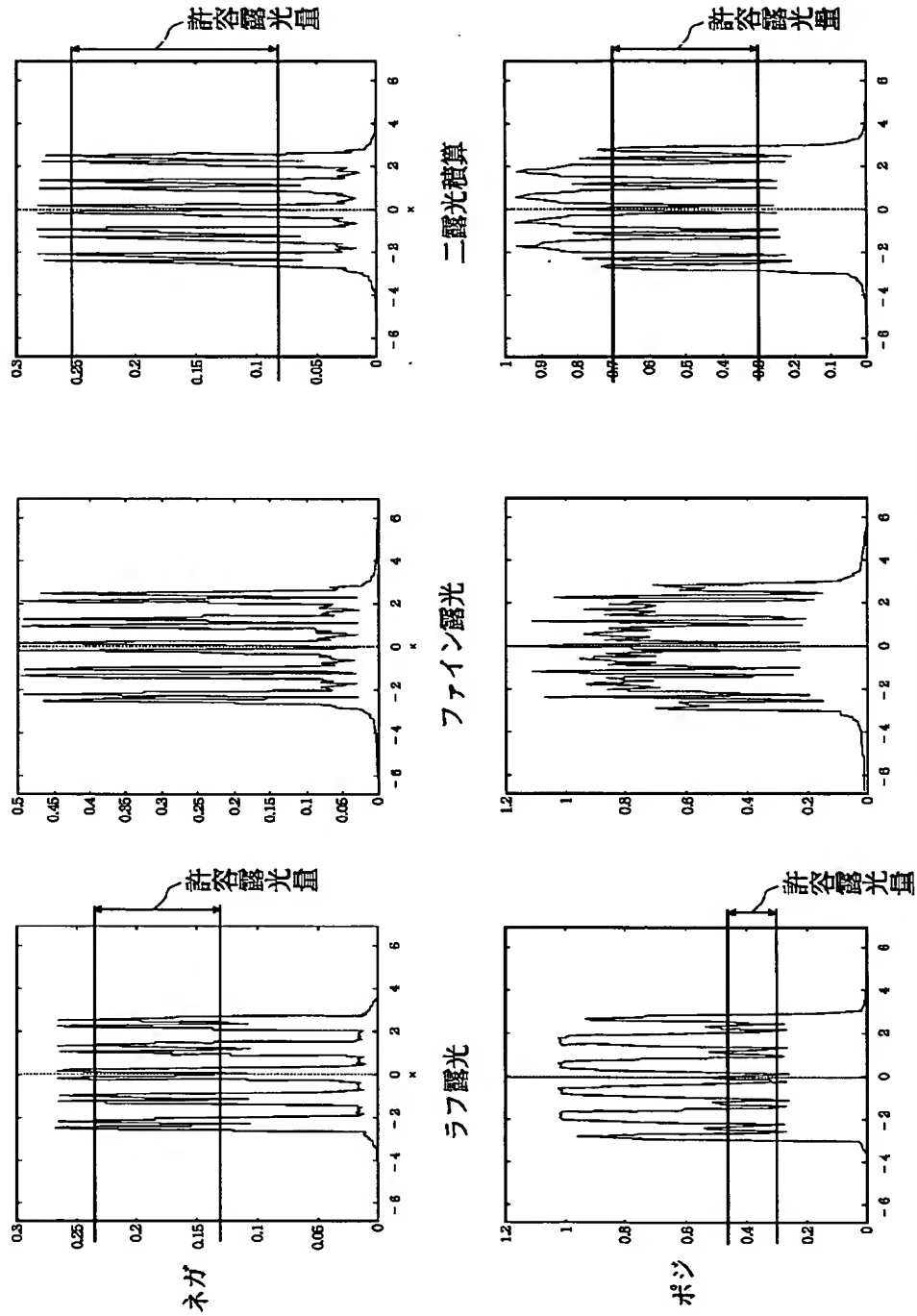
【図8】



【図10】

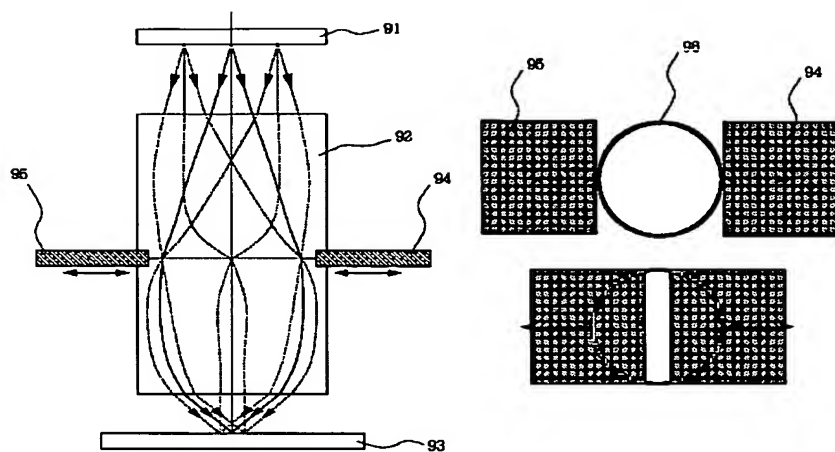


【図5】

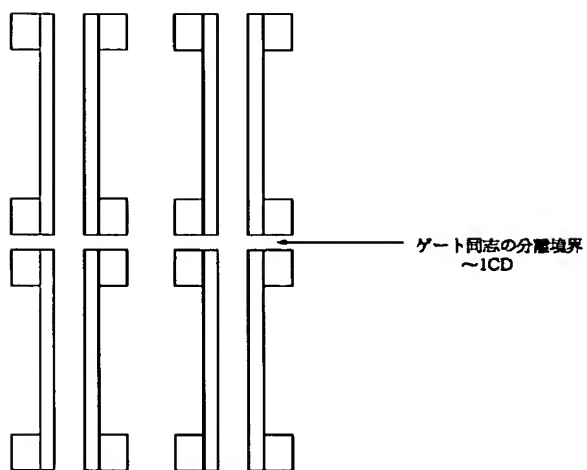


ゲート線部分強度分布と露光裕度

【図9】

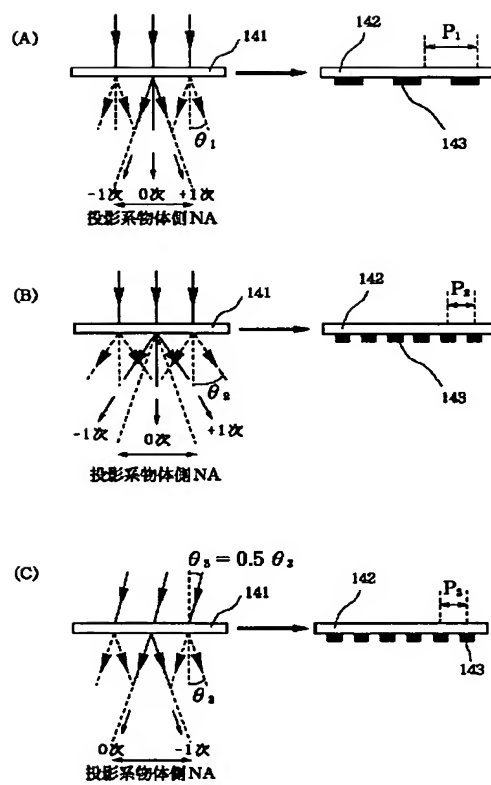


【図11】

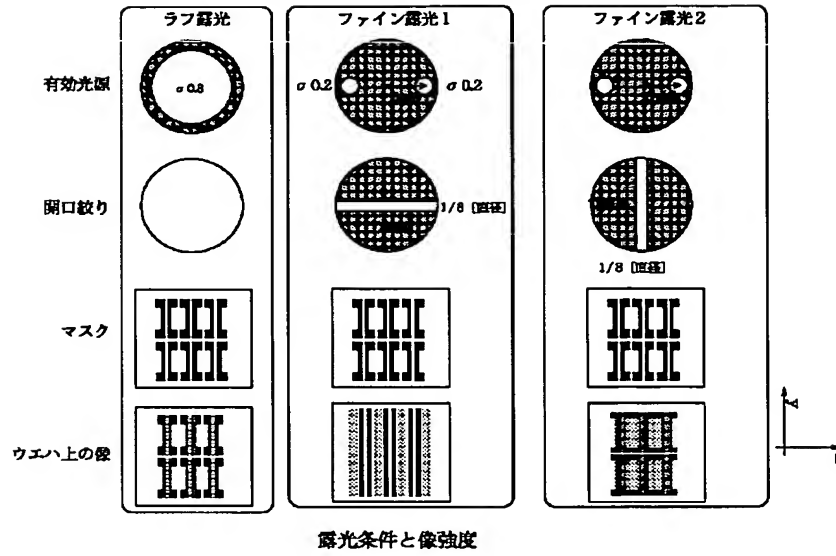


集積化された Gate チャート

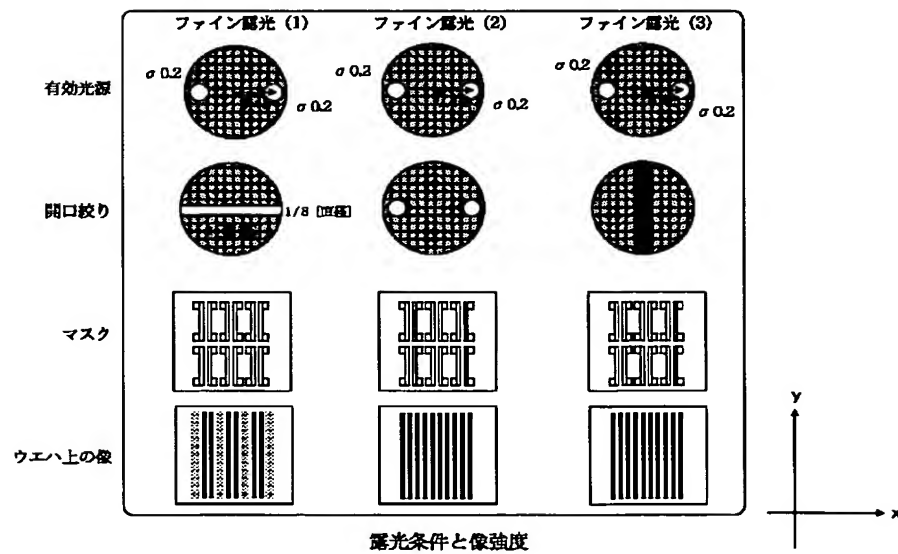
【図14】



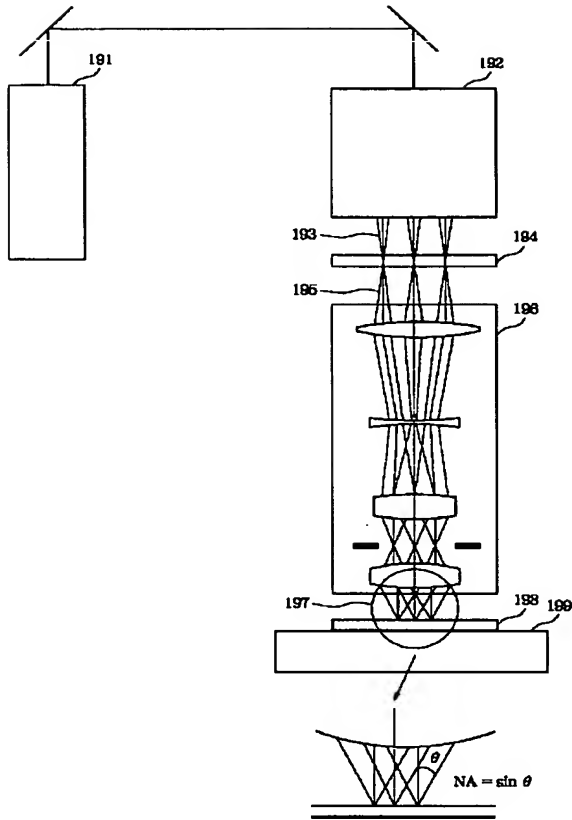
【図12】



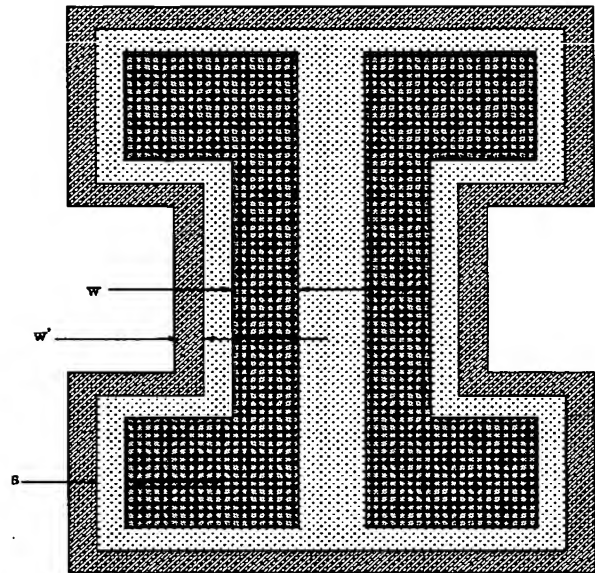
【図13】



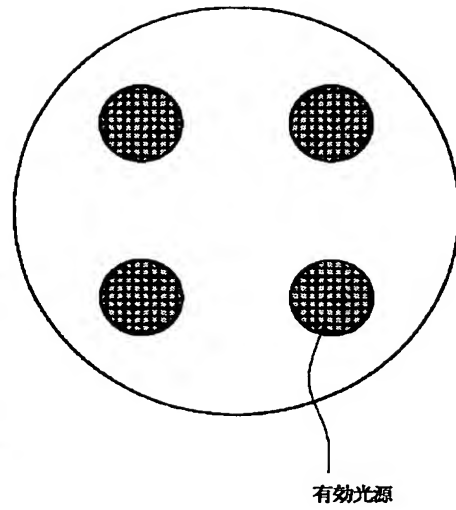
【図15】



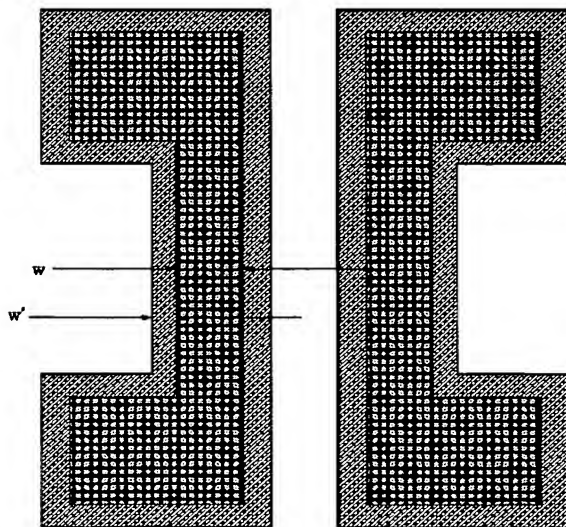
【図16】



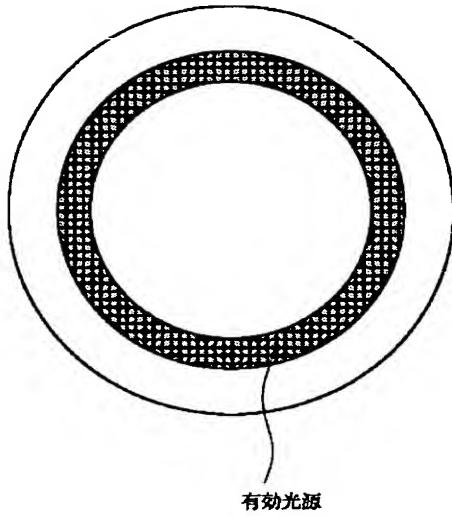
【図18】



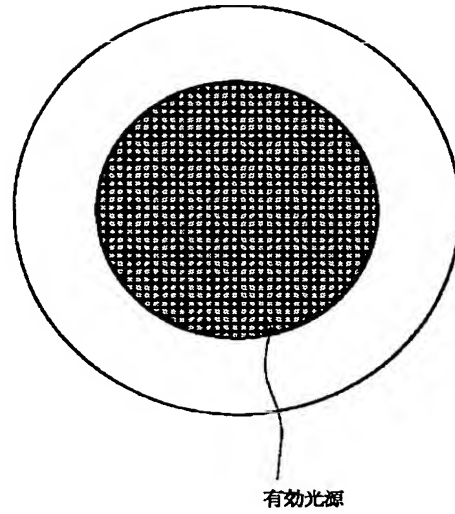
【図17】



【図19】



【図20】



【図21】

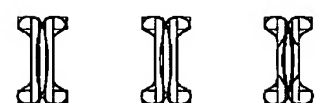
微細パターン露光      defocus = 0    defocus = ± 0.2    defocus = ± 0.4



ラフパターン露光



二重露光



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I  
H O 1 L 21/30

5 2 8

テーマコード (参考)